



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>







0

375

Sc. 266

Catal. Notes

*Penelope*

QC  
19  
C843  
F5  
1742



LECONS

DE

*PHYSIQUE*

*EXPERIMENTALE.*

---

*Segnius irritant animos demissa per aurem ,  
Quàm quæ sunt oculis subjecta fidelibus , & quæ  
Ipse tibi tradit spectator . . . . .*

Horat. Art. Poët.



**L E C O N S**  
**D E**  
**P H Y S I Q U E**  
**E X P E R I M E N T A L E,**  
**SUR L'EQUILIBRE DES LIQUEURS,**  
**& sur la Nature & les propriétés de l'Air.**

*Traduites de l'Anglois de M. R. CÔTES, <sup>over</sup> Professeur 1682-1716.*  
*de Physique Experimentale, à Cambridge.*

**A P A R I S,**

**Chez DAVID fils, Libraire, rue Saint Jacques,**  
**à la Plume d'or.**

---

**M. DCC. XLII.**

**AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.**

THE

OF

AND

THE

100

THE

THE

THE

THE

Library con.  
Perella  
5-22-29

A

9799 MONSIEUR.

# DE MAUPERTUIS

Del'Académie Royale des Sciences;  
& Membre des Sociétés Royales  
d'Angleterre , de Suede &  
de Prusse ; de l'Académie de  
Petersbourg , & de celle de  
l'Institut de Bologne.



MONSIEUR ,

*C'est mériter la confiance du Public ,  
que de lui présenter un Ouvrage sous  
les auspices d'un Juge dont il connoît la*

*Supériorité des lumières : je sens qu'elle  
m'est assurée , puisque personne n'ignore  
de combien de découvertes vous avez en-  
richi la Physique , & avec quel zèle  
vous vous intéressez au progrès d'une  
Science aussi utile. Permettez-moi donc  
de joindre cet avantage à l'envie que  
j'ai de vous témoigner le sincère atta-  
chement avec lequel je suis ,*

MONSIEUR,

Votre très-humble & très-obéissant  
serviteur, LE MONNIER M.D.

## P R É F A C E.

**L**ES Leçons de Physique Expérimentale dont on donne ici la Traduction , sont des premières qui aient été faites en Angleterre ; M. *Côtes* les composa il y a environ quarante ans , pour un Cours d'Expériences qu'il avoit entrepris avec M. *Wisthon* , & qu'il faisoit dans la Salle de l'Observatoire du College de la Trinité à *Cambridge*.

Comme elles furent fort goûtées en Angleterre , & qu'on s'empressoit de les faire imprimer aussitôt après la mort de M. *Côtes* qui fut prématurée , M. *Smith* qui lui succéda en la place de Professeur de



Physique Expérimentale , recueillie avec soin le Manuscrit Original de son illustre Prédecesseur , & se chargea du soin de le publier.

Ces Leçons dans l'état où l'Auteur les avoit laissées , ne pouvoient guère être utiles qu'à ceux qui avoient assisté à ses Cours d'Expériences ; elles auroient peu satisfait les Lecteurs qui n'auroient eu aucune connoissance des Phœnomènes qu'elles supposent. Pour que tout le monde fût en état d'en profiter , M. *Smith* a décrit la pluspart des Expériences dans des Notes qu'il a répandues par-tout où elles conviennent , & pour rendre ses Remarques encore plus intelligibles , il a fait graver les Figures des principaux instruments.

On a donc dans cet Ouvrage , les Expériences & leurs Explications , avec toutes les vérités qu'el-

les renferment. Cette méthode d'enseigner la Physique par des conséquences déduites immédiatement des Phœnomenes & des Expériences , & non pas de suppositions vagues & arbitraires , est sans contredit la plus sûre & la plus naturelle. C'est à elle seule , lorsqu'elle a été pratiquée par des hommes intelligents & laborieux , que la Physique doit tout son progrès.

Les Expériences *Hydrostatiques* d'*Archimedes* , celles de *Galilée* sur la pesanteur , de *Toricelli* sur la pression de l'air , enfin celles de l'illustre *M. Newton* sur la Lumière , peuvent être regardées comme autant de fondemens de cette science , que rien ne sera jamais capable d'ébranler ; les découvertes d'*Otto Guericke* , de *M<sup>rs</sup> Pascal & Boyle* , en un mot , le fruit précieux des travaux des plus sages Académies , sont dûs

## x P R E F A C E.

à cette même méthode, & prouvent mieux son excellence, que tout ce qu'on en pourroit dire de plus avantageux.

On trouvera au commencement de la douzième Leçon, des réflexions très-sages & très-judicieuses sur la maniere d'étudier la Physique, dont on verra l'application dans toute l'étendue de l'Ouvrage.

Les Mathematiciens liront avec plaisir deux ou trois verités que l'Auteur a démontrées sur la pression des Fluides, & sur la Constitution & les limites de l'Atmosphere, d'une maniere très-simple & très-facile, à l'aide seulement des Elemens de Mathematiques.

Ceux qui connoissent son Ouvrage *Harmonia Mensurarum*, & qui sçavent combien les paroles y sont ménagées, seront sans doute étonnés de voir M. Côtés s'abaisser jus-


qu'aux plus petits détails , & dissiper jusqu'aux moindres apparences de difficulté ; mais on doit lui sçavoir gré d'avoir pris soin d'étendre & de développer des verités , dont l'obscurité apparente est souvent capable de rebuter les commençants. On aura toujours obligation aux grands Maîtres , lorsqu'ils voudront bien retourner , pour ainsi dire , sur leurs pas , & applanir aux autres des difficultés qu'ils ont franchies avec beaucoup de peine.

L'attention de l'Auteur pour exposer la Verité dans tout son jour & la rendre plus sensible , suffisoit seule pour attacher , & faire lire son Ouvrage avec autant de plaisir , qu'on lit un morceau d'Histoire ; pour rendre encore ses discours plus agréables & plus variés , il les a ornés de traits Historiques , qui apprennent à qui on est redevable des principales

xij      **P R E F A C E.**

découvertes , & l'époque des plus belles inventions.

J'ai fait ma Traduction avec le plus d'exactitude qu'il m'a été possible , j'ai inséré quelques remarques , lorsque l'occasion s'en est présentée , & qu'elles m'ont paru nécessaires : j'ai ajouté la figure & la description de la troisième Machine Pneumatique de M. *Boyle* , perfectionnée par M. *Hauksbée* : une Table assez étendue des Gravités spécifiques de différentes matières : la construction & la comparaison des principaux Thermomètres qui sont aujourd'hui en usage , le rapport des mesures de France & d'Angleterre : enfin je n'ai rien négligé pour procurer au public une édition commode & utile.





---

# ABRÉGÉ

*De ce qui est contenu dans cet Ouvrage.*

*Sur l'Equilibre des Liqueurs.*

**T**OUT *Fluide pèse en lui-même ; ses parties supérieures pressent celles qui sont au-dessous : cette pression se fait dans toute sorte de direction , un Fluide léger pèse sur un plus pesant , & un Fluide pesant presse un plus léger. Leçon 1. pag. 1.*

*Un Fluide peut supporter un Corps spécifique-ment plus pesant que lui, & même l'élever ; il peut aussi contenir un Fluide plus léger que lui , & même le presser vers le fond. La pression convenable d'un Fluide , peut produire des effets pareils à ceux du Tube de Toricelli , des Pompes , Seringues , Syphons , Marbres polis , &c. Leçon 2. pag. 17.*

*Les Fluides pressent en raison de leur hauteur perpendiculaire , quelque soit leur quantité , & la figure des vaisseaux qui les contiennent ; estimation exacte de toutes les*

*especes de pressions ; recherche du centre de pression d'un Fluide sur une surface quelconque ; où l'on démontre qu'il est le même que celui de Percussion. Leçon 3. pag. 41.*

*Des Corps qui surnagent ou qui s'enfoncent dans les Fluides ; examen de leur pesanteur & legereté spécifique , leurs différentes situations : Explication des Phænomenes de la Figure d'email & bulles de verre. Leçon 4. pag. 66.*

*Explication de la balance Hydrostatique ; maniere de s'en servir pour trouver la Gravité spécifique de toute sorte de matiere. Leçon 5. pag. 86.*

*Maniere de se servir de la balance Hydrostatique , pour déterminer les Gravités spécifiques ; différents usages de ces sortes de recherches. Leçon 6. pag. 111.*

*Sur les propriétés de l'Air.*

*Détail & explication des principaux Phænomenes de l'Expérience de Toricelli. Leçon 7. pag. 129.*

*Expérience de M. Pascal à l'imitation de celle de Toricelli ; différentes Expériences*

## SOMMAIRES. xv

*ces de même nature : la pression de l'air varie suivant les distances à la surface de la Terre. Leçon 8. pag 147.*

*La densité & le ressort de l'Air, sont comme la force qui le comprime : Recherches sur les limites de l'Atmosphère. Leçon 9. pag. 168.*

*Effets de la pression de l'air dans les Seringues, Pompes, Syphons, Marbres polis, Ventouses, &c. Leçon 10. pag. 189.*

*Phénomènes des Tuyaux capillaires, & autres effets qui y ont rapport. Leçon 11. pag. 205.*

*Détail & explication de la Machine Pneumatique, & de toutes les parties qui en dépendent. Leçon 12. pag. 225.*

*Différents degrés de raréfaction de l'air dans la Machine Pneumatique, & de condensation dans la Pompe à condenser. Leçon 13. pag. 246.*

*Pesanteur de l'Air démontrée par la balance, d'où l'on détermine le rapport de sa Gravité spécifique à celle de l'Eau. Leçon 14. pag. 274.*

xvj      S O M M A I R E S.

*L'air est le milieu qui transmet les Sons ;  
examen de leur vitesse & de leur propa-  
gation. Leçon 15. pag. 298.*

*Recherches sur l'Air artificiel, tant absorbé  
que produit. Leçon 16. pag. 327.*

A P P E N D I X.

*Explication des variations du Baromètre,  
par M. Halley. N<sup>o</sup>. I. pag. 373.*

*Construction d'une Echelle qui exprime les  
différents degrés de chaleur, par Monsieur  
Newton. N<sup>o</sup>. 2. pag. 384.*

*Construction & comparaison des principaux  
Thermomètres qui sont en usage, p. 402.  
409.*

*Expériences sur les Tuyaux capillaires, &  
recherches sur la cause de tous les Phæno-  
menes qui y ont rapport, par M. Jurin.  
N<sup>o</sup>. III. pag. 410. & N<sup>o</sup>. IV. p. 423.*

*Table des Gravités spécifiques des différentes  
matieres, pag. 447.*

*Comparaison des Mesures de France & d'An-  
gleterre, pag. 457.*

# LEÇONS

DE

## PHYSIQUE

### EXPERIMENTALE.

---

#### PREMIERE LEÇON.

*Tout fluide pèse en lui-même ; ses parties supérieures pressent celles qui sont au-dessous : cette pression s'exerce non-seulement de haut en bas ; mais aussi de bas en haut , latéralement , obliquement , en un mot , suivant toutes les directions imaginables , un fluide léger pose sur un plus pesant , &c. un fluide pesant presse un plus léger.*

**A**VANT que de commencer nos Expériences , je crois qu'il est à propos de vous exposer la méthode que je me propose de suivre , &c d'assigner à chacune des quatre semaines

A

## 2 LEÇONS DE PHYSIQUE

nes, que je compte employer à ce Cours, les Expériences dont je me servirai pour établir les vérités d'Hydrostatique & d'Aërometrie les plus essentielles, & sur lesquelles toutes les autres sont fondées. Ces deux parties de la Physique ont dans la nature une liaison si étroite, qu'il n'est pas possible de les séparer; c'est pourquoi afin de les comprendre ici toutes deux ensemble, je les ai disposées dans l'ordre qui m'a paru le plus naturel & le plus méthodique, pour tirer une conséquence d'une autre, qui précédemment aura été prouvée par Expérience: ordre qui est en même-temps le plus commode, en ce qu'il exige à peu près les mêmes instrumens, & qu'il est plus conforme à la succession des temps auxquels ces Expériences & ces vérités ont été découvertes & publiées.

Je tâcherai d'établir dans la première semaine les fondemens de l'Hydrostatique, & d'expliquer les différens effets qui dépendent de l'effort des fluides entr'eux, ou contre les corps solides. La

## EXPÉRIMENTALE. 3

grand *Archimedes* est un des premiers qui ait cultivé cette Science , elle a même acquis un grand degré de perfection entre les mains de cet Excellent homme , & c'est encore le plus solide fondement sur lequel nos Philosophes modernes ont établi la doctrine admirable de la pression de l'air , dont il paroît que c'est le fameux *Galilée* qui a eu les premières notions ; sa découverte a été suivie avec soin par son disciple *Toricelli*, & ensuite par les plus habiles Physiciens de l'Europe.

Ceux qui examineront attentivement les differens effets , que je vais démontrer dans cette semaine être une suite de la pesanteur des fluides en général , ne trouveront aucune difficulté , lorsque nous en ferons à l'air , qui n'est qu'un fluide particulier , & que je ferai voir n'être pas sans pesanteur comme on l'a crû autrefois ; on ne s'étonnera pas non plus de nous voir expliquer si facilement par le moyen de cette pesanteur , des effets qui passaient autrefois pour des prodiges , & dont l'explication embarrassoit tant les

## 4 LEÇONS DE PHYSIQUE

Philosophes , qu'ils aimoient mieux en donner d'absurdes , que d'avouer ingenuëment leur ignorance.

Ayant employé cette premiere semaine aux principes d'Hydrostatique , dans la suivante nous entamerons l'Aërometrie , cette Science qui nous fait connoître la nature & les propriétés de l'air. Je n'ai pas besoin d'insister ici sur son utilité , chacun fait combien elle a de liaison avec la Philosophie naturelle , puisqu'il n'y a aucun Corps dans tout le système de la nature , dont l'influence soit aussi étendue que celle de l'air.

La fameuse Expérience de *Toricelli* qui avoit d'abord allarmé tous les Physiciens , a été beaucoup applaudie dans la suite , comme ouvrant aux découvertes sur la nature de l'air , la même carrière que *Galilée* son maître avoit ouverte aux découvertes Astronomiques avec son Telescope.

Après *Toricelli* , plusieurs Physiciens d'Italie , de France & d'Angleterre , firent sur cette matiere diverses Expériences



## EXPERIMENTALE. 5

ces, presque toutes avec des Tubes & du Mercure, pour confirmer & approfondir cette doctrine de la pression de l'air, la machine Pneumatique n'étant pas encore alors inventée. J'employerai donc la seconde semaine à répéter toutes ces Expériences qu'on a faites avec les Tubes avant l'usage de la machine du Vide, y en ajoutant quelques autres du même genre, qu'on a imaginées depuis.

Je ferai dans les troisième & quatrième semaines les Expériences qu'on a coutume de faire, avec la machine Pneumatique & la Pompe à condenser; celles au moins qui pourront s'exécuter avec la machine que j'ai à présent. Car quoique ma machine Pneumatique soit aussi commode qu'aucune qui ait jamais été faite, cependant la Pompe à condenser n'est pas encore telle que je la voudrois, & j'espère en avoir une dans quelque temps, avec laquelle il fera plus facile de pomper & de condenser l'air qu'avec celle-ci.

Je ferai donc dans la troisième semaine

## LEÇONS DE PHYSIQUE

ne les Expériences les plus propres à établir les propriétés de l'air, telles que sont la pesanteur, son ressort, sa pression, sa résistance, sa réfraction, & j'expliquerai par ces propriétés plusieurs Phénomènes considérables : Or quoique quelques-unes de ces propriétés puissent se déduire immédiatement des Expériences qu'on aura vû faire avec les Tubes, dans les séances précédentes ; je crois néanmoins que personne ne sera fâché de voir confirmer par de nouvelles preuves des vérités, qui autrefois, & même il n'y a pas encore bien longtemps, étoient le sujet de grandes contestations.

Je destine pour la quatrième semaine les Expériences qui paroissent être de véritables effets de l'air, & qui dépendent de plusieurs propriétés particulières qu'on aura expliquées dans les Leçons précédentes ; nous pouvons mettre de ce nombre les Expériences sur la vie des animaux, sur la flamme & autres semblables. Et parce que plusieurs Physiciens ont attribué à l'air des effets qu'il ne

## EXPERIMENTALE. 9

produit aucunement ; je réfuterai en même-temps leurs sentimens par des Expériences & par des faits. Tel est l'ordre que je me propose de suivre dans tout ce Corps.

Laissant donc tous ces préliminaires, je commence par l'Hydrostatique. La signification de ce nom n'a pas besoin d'être expliquée ; je n'ai que faire de vous dire que par *Hydrostatique*, on entend communément aujourd'hui cette partie de la Physique, qui traite de l'équilibre & de la pression des fluides en général ; quoique le mot semble affecté à l'eau qui n'est qu'un fluide particulier, le plus commun de tous, & dont on se sert pour déduire la plupart des conséquences. Car ce qu'on peut prouver par Expérience & par raisonnement appartenir à quelque Corps, en tant qu'il est fluide & pesant tout ensemble, doit s'appliquer à tous les autres Corps fluides & pesants. Pourvu qu'on prenne les précautions nécessaires, on pourra toujours déduire avec sûreté, des conséquences générales,

## § LEÇONS DE PHYSIQUE

de quelques Expériences qu'on n'aura pu faire que sur des Corps particuliers.

La fluidité & la pesanteur étant des qualités de très-grande importance dans l'Hydrostatique, je ne sçaurois me dispenser d'en dire deux mots. Il est inutile de chercher les causes de ces deux propriétés des Corps; On observera seulement qu'on appelle Fluides, ceux dont les parties cèdent à la moindre force qui agit contr'elles, & sont disposées à se mouvoir librement au milieu les unes des autres. Mais d'où vient cette disposition à sortir si facilement de leur place, à être mues par la moindre impulsion, c'est un problème qui n'est pas facile à résoudre: j'aime mieux n'en rien dire, que de ne vous donner que des conjectures.

La fameuse matière subtile est ici le refuge ordinaire des Philosophes modernes, comme dans beaucoup d'autres difficultés; mais ce moyen de tromper ne réussit presque plus, & la matière subtile est proserite du moins jusqu'à ce

## EXPERIMENTALE. 5

qu'on ait des raisons suffisantes pour l'admettre.

On fait assez que la pesanteur est l'effort ou la tendance qu'ont tous les Corps vers le Centre de la Terre ; c'est une propriété si générale, qu'on n'en connoît aucun dans l'Univers qui en soit exempt, pas même l'air qui peut se peser à la balance, comme nous verrons dans la suite, ni la fumée & les vapeurs qui sont plus légères que l'air, puisqu'on les voit s'élever au travers, ni enfin la flamme que l'Excellent M. Boyle nous a appris à peser.

Maintenant quoiqu'on accorde aisément que l'eau & les autres fluides sont réellement pesans, & pesent actuellement quand on les prend, ainsi que tous les autres Corps (chacun, étant convaincu par sa propre Expérience, qu'un vaisseau plein d'eau, par exemple, pèse plus que quand il est vuide,) il s'est encore trouvé cependant quelques Philosophes qui ont eu beaucoup de peine à croire que les fluides fussent pesans en

## 10 LEÇONS DE PHYSIQUE

*aux-mêmes*, comme ils disent, c'est-à-dire les uns sur les autres.

Il seroit infini & même ennuyeux de vous rapporter quelles ont été toutes les différentes sources de cette erreur parmi certains Physiciens, dont la plupart ont mieux aimé s'opposer à la vérité qui se présentoit comme d'elle-même, que d'abandonner de mauvais préjugés auxquels ils s'étoient une fois attachés. Mais puisqu'en admettant cette erreur on renverse absolument les fondemens de l'Hydrostatique, & que par la vérité contraire on peut expliquer facilement toutes les conséquences qu'on en tire; ce motif m'engage à ne pas aller plus loin, sans avoir auparavant éclairci cette matière.

Il est évident par des Expériences qu'on peut faire tous les jours, que dans un Fluide quelconque le poids du tout est égal au poids de toutes les parties prises ensemble, de quelque grandeur & en quelque quantité qu'on les suppose; que si on ôte quelque partie du tout, le poids total doit diminuer, du poids de la partie

## EXPERIMENTALE. 11

ôtée ; enfin , que si on ajoute au tout le poids de quelqu'une de ses parties , son poids augmentera de celui de la partie ajoutée : n'est-il donc pas raisonnable de conclure que le poids du tout est composé de celui de ses différentes parties ? & partant que ces parties pesent dans le tout , c'est-à-dire *en elles-mêmes* , comme c'est leur façon de parler.

Malgré cette déduction si naturelle & si conséquente , nos adversaires ont été assez subtils pour éluder la vérité , par je ne sçai quelle distinction qu'ils ont été imaginer. Ils conviennent que la pesanteur réunie des parties , fait la pesanteur du tout ; mais ils nient que ces parties prises séparément , soient naturellement pesantes , & que dans cet état elles puissent faire la pesanteur du tout. Quand ils auront clairement prouvé qu'un nombre déterminé d'agents , peut conjointement produire un effet auquel chacun séparément n'est pas capable de contribuer , il sera temps alors de répondre à ce faux-fuyant.

## 12 LEÇONS DE PHYSIQUE

Malgré cette déduction si simple & si nécessaire, ils ont encore produit contre la Doctrine que nous établissons, deux fameuses Objections, dont la solution nous donnera celle de toutes les autres, car elles peuvent se rapporter à l'une ou à l'autre de ces deux-ci.

C'est une Expérience connue de tout le monde, qu'un Seau d'eau pèse moins quand il est plongé dans l'eau que hors de l'eau; & que lorsqu'il est plongé, il ne pèse pas plus quoiqu'il soit plein, que hors de l'eau quand il est vuide. Donc concluent-ils, l'eau ne pèse point dans le Seau, parce qu'elle est dans l'eau qui est son propre Élément, c'est-à-dire son *lieu naturel*.

L'autre Objection est, qu'on ne sent pas de pression sensible au fond de l'eau même en descendant à de grandes profondeurs; donc concluent-ils encore l'eau ne presse pas, & par conséquent ne pèse pas *en elle-même*. Maintenant leur accordant la vérité du fait dans l'un & l'autre cas; qu'on pourroit ce-



pendant révoquer en doute comme n'étant qu'une simple conjecture ; nous ne leur accorderons cependant point leurs conséquences, jusqu'à ce qu'ils aient pu prouver que ces Expériences n'ont pas d'autre solution que celle qu'ils ont proposée. J'aurai occasion quand nous en ferons à l'Hydrostatique, de donner la véritable raison pourquoi le poids de l'eau qui est dans le Seau, ne se fait pas sentir quand il est plongé dans l'eau, quoiqu'elle ait toujours la même pesanteur qu'elle conserve hors de l'eau ; j'expliquerai aussi pourquoi les Plongeurs qui descendent à de grandes profondeurs, ne sentent pas la pesanteur de l'eau qui est au-dessus d'eux, quoique nous soyons convaincus qu'à la profondeur de 32 pieds, ils ont plus de 20000. liv. pesant d'eau sur le corps ; cependant quand nous considérons l'uniformité & l'égalité de cette pression qui prévient la rupture des parties, puisque tout l'extérieur de leurs corps en est également pressé, si nous examinons que cette pres-

## 14 LEÇONS DE PHYSIQUE

sion est également soutenue par l'air ou tout autre Fluide Élastique, qui fait d'autant plus d'effort pour s'étendre, qu'il est pressé davantage; enfin, si nous considérons encore la solidité & la force des Membranes & autres parties solides du corps humain, l'effort incroyable que l'Expérience a démontré qu'elles sont capables de supporter, il ne nous paroîtra plus étonnant que les Plongeurs ne sentent aucune incommodité, quoiqu'ils soient bien certainement pressés par un poids d'Eau si considérable, sans compter la pression ordinaire de l'air à laquelle nous sommes tous exposés, qui est égale au moins, au poids de ce qu'il y a d'Eau sur un homme à la profondeur de 32 pieds, c'est-à-dire à 20000. liv. de manière qu'à cette profondeur, un Plongeur est pressé par une force de 40000. livres.

Puisque nous avons donc prouvé que tout Fluide pèse *en lui-même*, & que les Objections qu'on fait contre, ne portent aucun préjudice à notre sentiment, com-

## EXPERIMENTALE. 15

même le veulent faire croire ceux qui disent qu'il n'y a pas d'autre manière d'expliquer ces Phénomènes ; ce qui a été dit suffit donc pour prévenir toutes les autres.

Cependant comme cette vérité est de grande importance, je vais tâcher de la confirmer par deux Expériences qui détruisent entièrement ces Objections. Je montrerai par la première que les Fluides conservent leurs poids *en eux-mêmes* ; (a)

(a) *Les Fluides conservent leurs poids en eux-mêmes.*

EXPER. I. La Fig. 1. représente une bouteille de verre Sphérique, assez épaisse pour aller au fond, même étant vuide ; elle a à son goulot un robinet bien cimenté, au moyen de quoi on peut sur une machine Pneumatique tirer tout l'air qu'elle contient, & l'empêcher de rentrer en fermant le Robinet. On peut aussi par le même moyen faire entrer dans une bouteille, un volume d'eau égal au volume d'air qu'on en a fait sortir, sçavoir en la plongeant dans un vaisseau plein d'eau quand elle est vuide d'air, & ouvrant ensuite le Robinet. Ayant donc pompé l'air, suspendez la bouteille avec un fil au bras d'une balance, & mettez-la exactement en Equilibre dans l'air avec le poids A dans l'autre plat ; plongez ensuite entièrement la bouteille dans un vaisseau plein d'eau, & mettez-la dans cet état en Equilibre avec le poids B, mettant à part le poids A ; ouvrez alors le Robinet, & laissez entrer l'eau dans la bouteille : quand elle sera remplie, remettez-la en Equilibre (dans l'eau toujours) avec le poids C qu'il faudra ajouter à B ; il est évident que le poids C est le poids de l'eau entrée dans la bouteille, même pendant qu'elle communique avec celle du vaisseau ; ayant fermé le Robinet pour conserver l'eau dans la bouteille, repesez-la dans l'air en ôtant le poids B, & mettant à sa place le poids A. Le

## 16 LEÇONS DE PHYSIQUE

& par la seconde, que les parties inférieures d'un Fluide sont pressées par les supérieures, & communiquent cette pression aux Corps qui leurs sont contigus. J'ajouterais d'autres Expériences, pour prouver que la pesanteur des Fluides s'exerce non-seulement de haut en bas, mais aussi de bas en haut, latéralement, obliquement, en un mot, suivant toute sorte de direction ; (a) qu'un Fluide léger pèse sur un plus pesant, & un

poids A  $\rightarrow$  C fera encore Equilibre avec la bouteille & l'eau qu'elle contient ; donc l'eau pèse autant dans l'air que dans l'eau *son lieu naturel*, le Robinet étant ouvert.

(a) *La pression que cause la pesanteur d'un Fluide, se distribue en tout sens.*

EXP. II. Les Fig. 2, 3, 4 représentent des Tuyaux recourbés à leurs extrémités inférieures sous differens angles ; on a d'abord introduit du mercure par leur orifice inférieur, en sorte qu'il y en eut dans la longue branche jusqu'au niveau de cet orifice : à mesure qu'on plonge ces Tubes dans un vaisseau plein d'eau, celle qui entre par l'orifice inférieur des Tubes, presse sur le mercure par degrés, & le fait monter vers l'orifice supérieur, avec lequel elle n'a point de communication : pour prouver que la pression s'exerce aussi-bien de bas en haut, que suivant toute autre direction, plongez dans du mercure l'extrémité d'un Tuyau capillaire, bouchez ensuite avec le pouce l'orifice supérieur, soulevez le Tube, il restera à l'orifice inférieur une petite colonne de vif argent ; plongez-le dans l'eau à la profondeur d'environ 14 fois la hauteur du petit cylindre de mercure ; ôtant alors le pouce, non-seulement cette colonne demeurera suspendue, mais elle sera portée vers le haut si vous enfoncez davantage le Tuyau.

plus

plus pesant sur un plus léger (a).

(a) *Un Fluide léger pèse sur un plus pesant, & un Fluide pesant pèse sur un plus léger.*

La première partie de cette proposition se trouve par l'Expérience précédente ; & si dans un tuyau recourbé on verse par l'orifice inférieur quelque huile plus légère que l'eau , elle sera aussi pressée par l'eau du vaisseau , & portée vers l'orifice supérieur du Tube : ce qui prouve la seconde Partie.

## SECONDE LEÇON.

*Un Fluide peut supporter un Corps spécifiquement plus pesant que lui , & même l'élever ; il peut aussi contenir un Corps spécifiquement plus léger que lui , & même le pousser vers le fond. La pression convenable d'un Fluide , peut produire des Phœnomènes pareils à ceux du Tube de Toricelli , des Pompes , Seringues , Syphons , Marmbres polis , & autres effets semblables.*

**N**OUS avons prouvé hier que les Fluides conservent leur pesanteur *en eux-mêmes*, que par cette pesanteur ils font effort contre tous les Corps qui les environnent , & que cette pression s'exerce non-seulement de haut en bas , comme dans les autres Corps pesants , mais aussi de bas en haut , obliquement , latérale-

## 18 LEÇONS DE PHYSIQUE

ment , en un mot , suivant toute sorte de directions ; je ferai encore aujourd'hui des Expériences sur cette pression des Fluides , pour vous faire connoître quelques-uns de ses effets les plus généraux , réservant pour la prochaine séance d'examiner plus en détail toutes les autres espèces de pressions.

J'ai choisi pour sujet des Expériences que nous allons faire aujourd'hui , les Phœnomènes les plus ordinaires & les plus frappans , qu'on peut expliquer par la pesanteur de l'air , tels que la cohæsion des deux marbres polis , la suspension du mercure dans les Baromètres , les effets des Seringues , Pompes , Syphons &c. Si nous démontrons que tous ces effets peuvent non-seulement dépendre de la pesanteur d'un Fluide quelconque , mais encore qu'ils en sont une conséquence nécessaire ; qu'ensuite nous puissions faire voir que l'air est un Fluide pesant , & que sa pesanteur a un rapport sensible à celle de quelque Fluide que ce soit ; de toutes ces choses réunies , il ne fera pas

difficile de prouver directement que la pression de l'air est la cause de ces Phœnomenes, & autres semblables : consultons donc l'Expérience, & essayons si ce qui résultera de la pression causée par la pesanteur des Fluides, est quelque chose d'analogue à ce que je viens d'annoncer (a).

(a) L'Auteur faisoit faire ici les Expériences suivantes, & les expliquoit dans la suite de la Leçon.

EXPERIENCE I. Fig. 7. *a, b*, est un grand Plateau de cuivre circulaire assez épais, & dont la surface supérieure est couverte d'un cuir mouillé, afin qu'étant appliqué à l'orifice *cd*, du vaisseau intérieur, l'eau du grand vaisseau ne puisse pas s'introduire entre deux. Si l'on tient le Plateau appliqué à l'orifice de ce vaisseau, en tirant le fil-d'archal *e* fixé à son centre, jusqu'à ce qu'on ait versé une suffisante quantité d'eau entre les deux vaisseaux, le Plateau se trouvera soutenu par la pression de l'eau; dont l'effort se porte vers le haut, comme on peut le voir en cessant de tirer le fil-d'archal. Le haut du vaisseau intérieur doit être assez large, pour qu'il puisse s'arrêter sur l'orifice de l'autre.

L'Exp. II. a déjà été décrite dans la Leçon précédente, note *b*.

Exp. III. La Figure 8 représente un Gobelet de verre, au fond duquel on a scellé avec du mastic, un rond de bois dont la surface supérieure est bien plane & bien polie. Sur ce fond on applique un autre Plateau de bois de moindre Diamètre, dont la surface est pareillement polie. Si on presse avec le doigt ce dernier Plateau contre l'autre, & qu'en même-tems on verse beaucoup de vif argent dans le Gobelet; le doigt retiré, ce Plateau (quoique beaucoup plus léger que le mercure) ne s'élèvera point, mais restera toujours attaché au fond, à moins qu'on ne l'en sépare en le tirant fortement par la cheville qui est fixée à son centre.

Exp. IV. Fig. 9. ayant versé dans la plus courte branche d'un Syphon parallèle, quelqu'huile plus légère que

## 26 LEÇONS DE PHYSIQUE

Ces Expériences ont besoin de quelque explication : Je vais commencer par rendre raison des effets que vous venez de voir, & j'en tirerai après les conséquences, qui sont le principal motif qui m'a engagé à vous les faire.

l'eau ; si on enfonce peu à peu ce Syphon dans un vaisseau plein d'eau, l'huile descendra dans la branche la plus courte, & s'élèvera dans la plus longue.

EXPER. V. On a placé dans un grand vaisseau, dont le fond est aplani avec de la cire fonduë, deux Gobelets de verre Cylindriques, qui contiennent chacun une certaine quantité d'eau colorée, de manière qu'elle soit plus élevée d'un bon pouce dans l'un que dans l'autre : on a plongé dans cette eau colorée les deux branches d'un Syphon qui porte au haut de sa courbure un tuyau soudé qui communique avec les deux branches, comme on voit dans la Fig. 11. Enfin on a posé sur le grand vaisseau un couvercle de bois percé de deux trous ; sçavoir, un à son centre pour laisser passer le tuyau de communication, & tenir le Syphon dans une situation verticale ; & l'autre, pour laisser passer la queue d'un entonnoir : la Machine étant ainsi disposée, on verse par l'entonnoir de l'huile de Terebenthine, en sorte qu'après avoir coulé par-dessus la surface de l'eau colorée, elle s'élève de quelques pouces au-dessus de la courbure du Syphon ; quand il y en aura une suffisante quantité, la pression de cette huile sur l'eau colorée des Gobelets, la fera passer du grand, c'est-à-dire, de celui dans lequel elle est plus élevée, dans l'autre où elle est plus basse ( que j'appellerai dorénavant le petit vaisseau ) jusqu'à ce que sa surface se soit mise au niveau dans toutes les deux.

EXPER. VI. La dernière Expérience étant facile à expliquer peut servir à faire entendre l'effet du Syphon ordinaire ; on prend un tuyau recourbé, on en met la plus courte branche dans un vaisseau plein de quelque liqueur, on suce un peu par l'orifice de la plus longue pour remplir le Syphon ; & lorsqu'on cesse de sucer, l'eau s'écoule par cette branche jusqu'à ce que le vaisseau soit épuisé.



## *EXPERIMENTALE.* 21

La cause de la forte adhérence du Plateau de cuivre à l'orifice du vaisseau de verre, vient de ce que les parties d'eau qui touchent immédiatement la surface inférieure de ce Plateau, sont extrêmement pressées par l'eau qui est au-dessus du niveau de cette surface, & qui environne le vase à l'orifice duquel le Plateau est appliqué : cette eau supérieure & environnante, communique une pression de haut en bas aux parties qui sont immédiatement au-dessous d'elles, & dans le même niveau que la surface inférieure du Plateau ; celles-ci communiquent latéralement cette pression à celles qui sont immédiatement au-dessous de ce Plateau, & qui lui sont contiguës. Car si les parties d'eau contiguës au Plateau n'étoient pas autant pressées que celles qui sont sur le même niveau, directement au-dessous de l'eau qui environne le vase, elles n'en pourroient pas soutenir l'effort par leur réaction ; elles cederoient donc, & se laisseroient comprimer davantage : par conséquent

## 22 LEÇONS DE PHYSIQUE

cette pression doit augmenter jusqu'à ce qu'elles soient toutes en équilibre. Or l'eau qui touche immédiatement la surface inférieure du Plateau, étant ainsi pressée, communique cette pression vers le haut, & cause cette étroite union de l'orifice du vaisseau avec le Plateau, malgré la résistance de sa pesanteur qui tend à le désunir, comme nous avons vu qu'il est arrivé tout-à-l'heure, quand la colonne d'eau supérieure n'a pas été assez haute pour contrebalancer & l'emporter sur cette pesanteur.

Maintenant pour savoir de quelle hauteur doit être la colonne d'eau capable de contrebalancer & de vaincre la pesanteur du Plateau, il faut connoître son poids & celui de tout ce qui lui appartient, c'est-à-dire du fil-d'archal & du cuir qui couvre sa surface supérieure; il faut ensuite le plonger à une profondeur, telle que la distance perpendiculaire comprise entre la superficie de l'eau environnante, & la base ou surface inférieure du Plateau, soit égale à la hauteur

d'un cylindre d'eau, de même base & de même pesanteur que ce Plateau, & tout ce qui lui appartient. Alors la pression de l'eau contre le Plateau soutiendra l'effort de sa pesanteur, comme on peut le démontrer par plusieurs moyens, & par celui-ci entr'autres.

Chaque partie d'eau qui est directement au-dessous & contiguë au Plateau, reçoit & communique une pression égale à celle que reçoivent chacune des semblables parties d'eau, qui sont sur le même niveau, directement au-dessous de l'eau qui environne le vase, comme il vient d'être prouvé tout-à-l'heure : Or ces parties qui sont immédiatement au-dessous de l'eau environnante, tiennent leur pression, du poids de la colonne d'eau qui est perpendiculairement au-dessus d'elles, & soutiennent par leur réaction, l'effort de cette pesanteur ; donc la pression que chacune de ces parties reçoit & communique, est égale au poids de la colonne verticale qui est au-dessus d'elles. Puis donc que les parties d'eau

## 24 LEÇONS DE PHYSIQUE

qui sont contiguës au Plateau , reçoivent & communiquent le même degré de pression que leurs voisines, la leur sera aussi égale au poids d'une semblable colonne d'eau , & la somme de leur pression , ou la force avec laquelle elles concourent toutes à soutenir le Plateau , sera équivalente à la pesanteur d'autant de pareilles colonnes , qu'il y a de parties d'eau contiguës à la surface inférieure du Plateau. A présent toutes ces colonnes ensemble sont égales à un cylindre qui auroit pour base la surface du Plateau , & pour hauteur la perpendiculaire comprise entre cette surface & la superficie de l'eau : si donc le poids du cylindre d'eau est aussi grand que celui du Plateau , il sera soutenu ; s'il n'y a pas assez d'eau pour que le poids de ce cylindre soit au moins égal à celui du Plateau , il sera séparé de l'orifice par l'excès de son propre poids sur celui de la colonne d'eau. Enfin , si la hauteur de l'eau est plus grande , sa pression plus forte que n'est la pesanteur du Plateau.

## EXPERIMENTALE. 25

fera plus que suffisante pour le soutenir, c'est-à-dire, qu'elle le poussera vers le haut.

La pesanteur spécifique du cuivre est à celle de l'eau à peu près comme 8 à 1, c'est-à-dire que volume pour volume, le cuivre est environ 8 fois plus pesant que l'eau; donc les poids d'un cylindre d'eau & d'un cylindre de cuivre seront égaux, quand ayant des bases égales, la hauteur du cylindre d'eau fera 8 fois aussi grande que celle du cylindre de cuivre; d'où nous pouvons conclure, que pour que l'eau soutienne notre Plateau de cuivre, il doit être plongé à une profondeur 8 fois aussi grande qu'est son épaisseur. Par la même raison, un Plateau d'or fin, qui est le corps le plus pesant qu'on connoisse dans la nature, devroit être plongé environ à 20 fois son épaisseur: c'est à cette occasion que M. Boyle a proposé un de ses Paradoxes Hydrostatiques, en ces termes: *Si on met à la surface de l'eau un corps solide, même le plus pesant qui se puisse trouver dans*

## 26 LEÇONS DE PHYSIQUE

*la nature , sa seule pesanteur le fera couler à fond ; cependant s'il est plongé à une profondeur 20 fois plus grande que son épaisseur , il n'ira pas à fond , à moins qu'il n'y soit poussé par la pesanteur de l'eau qui sera immédiatement au-dessus de lui.*

On peut expliquer de la même manière la seconde Expérience , dans laquelle le vif argent , qui est encore plus pesant que le cuivre , a été soutenu par l'eau , dont la pesanteur spécifique est 14 fois moindre. Je veux donc seulement vous faire remarquer , qu'on peut plonger un corps dans un Fluide d'une moindre pesanteur spécifique , à une profondeur telle , qu'il soit simplement soutenu , ou plus que soutenu & même élevé , ou enfin qu'il ne le soit point du tout ; suivant les différentes pesanteurs des corps & la hauteur des colonnes de Fluide qui les environnent.

La vérité de cette proposition est très-claire dans cette Expérience ; car quand nous avons plongé le vif argent à une certaine profondeur , nous l'avons vu de

## **EXPERIMENTALE. 27**

meurer en repos dans le tuyau ; quand nous avons enfoncé davantage le Tube, le vif argent montoit , & étoit poussé en haut par la force du Fluide plus que suffisante pour le soutenir ; enfin , si on élevoit le Tube jusqu'à un certain point , le vif argent descendoit par l'excès de sa pesanteur sur celle de la colonne du Fluide. Cette Expérience ne réussit guère que dans les tuyaux d'un très-petit diamètre ; car s'il est un peu trop large , l'eau s'insinuant entre le tuyau & le mercure , fera manquer l'Expérience.

Le Phœnomene du Plateau de bois qui demeure attaché au fond du vaisseau plein de vif argent , quoiqu'il soit plus léger que ce Fluide , pourroit paroître étonnant à ceux qui ignorent les principes d'Hydrostatique , ou qui auroient des préjugés de legereté positive , réelle ou absolue ; car si cette legereté imaginaire étoit véritablement la cause qui fait monter les corps légers dans les Fluides moins légers qu'eux , il nous seroit absolument impossible d'expliquer

## 28 LEÇONS DE PHYSIQUE

cette Expérience : en effet , pourquoi le Plateau de bois ne s'éleveroit-il pas par la force de cette legereté supposée , dans cette occasion comme dans les autres ? & pourquoi ne se feroit-il pas passage au travers du vif argent , qui est beaucoup plus pesant ? Mais si au lieu de cette legereté , ( que nous ferons voir par la suite n'être qu'une chimere ) on admet la pesanteur des Fluïdes , qu'on a déjà trouvée conforme à la raison & à l'Expérience , on fera bien-tôt évanouïr cette difficulté ; car il est évident que le Plateau demeurera toujours attaché au fond du vaisseau , à moins qu'il n'en soit séparé & poussé en haut par quelque force étrangere , ce qui ne doit point arriver dans notre cas , puisque le vif argent ne sauroit s'insinuer entre le fond du verre & le Plateau , ni par conséquent l'élever en agissant contre sa surface inférieure , comme il a fait quand nous l'avons laissé s'insinuer en foulevant un peu le Plateau. Il seroit encore plus difficile d'expliquer , par la legereté positive , pourquoi non-



seulement le Plateau ne quitte pas de lui-même le fond du verre pour venir à la surface, mais encore pourquoi il faut employer quelquefois une force considérable pour le séparer du fond : Or on voit clairement que cette résistance ne se peut expliquer que par la pesanteur du vif argent sur le Plateau ; la force nécessaire pour les séparer devant être plus grande ou moindre, suivant qu'on oppose à cette séparation, une plus grande ou une moindre colonne de mercure. On pourra s'étonner (comme cela a fort embarrassé le Dr More) de ce qu'immédiatement au moment de la séparation, non-seulement il n'est plus besoin d'employer de force considérable pour l'achever, mais au contraire, de ce qu'on voit le Plateau s'élever à la surface du mercure avec rapidité ; d'autant qu'immédiatement au terme de la désunion, & quand il commence à monter, le poids du vif argent qui le pressoit est presque aussi considérable que celui qui le pressoit avant la séparation, & le retenoit fixé au fond,

## 30 LEÇONS DE PHYSIQUE

Si nous disons qu'il est élevé par le vif argent qui s'insinuë entre deux, au moment de la séparation, lequel reçoit cette force capable d'élever le Plateau, du reste de la masse du vif argent, c'est-à-dire, de celui qui n'est pas immédiatement au-dessus du Plateau, mais qui environne celui-ci, en un mot, de celui qui s'appuye sur l'espace annulaire compris entre le Plateau & le côté du Gobelet; le Docteur sera dans un plus grand embarras; il nous dira que la pression vers le haut, causée par la pesanteur du mercure environnant, ne peut aucunement égaler & encore moins excéder la pression de celui qui est perpendiculairement au-dessus, (à quoi il faut encore joindre la pesanteur du Plateau) car la quantité de mercure environnant, est beaucoup moindre que celle du cylindre qui est au-dessus du Plateau. Il regarde comme l'ouvrage de son principe *hylarchique*, ou esprit de la Nature, ce qu'il croit impossible d'expliquer autrement.

## EXPERIMENTALE. 31

J'en ai assez dit dans l'explication de la premiere Expérience , pour résoudre cette difficulté ; car j'ai prouvé que la force avec laquelle le Plateau de cuivre est retenu à l'orifice du vaisseau de verre , est égale au poids d'un cylindre du Fluide dans lequel il est plongé , dont la base seroit égale à celle du Plateau , & dont la hauteur seroit , la perpendiculaire comprise entre la superficie du Fluide & la base du même Plateau , de quelque largeur qu'on suppose le Fluide environnant ; Paradoxe qui sera encore mieux expliqué & démontré dans la séance prochaine. Donc dans le cas présent , la force qui pousse en haut le Plateau de bois est égale au poids d'un cylindre de vif argent , qui auroit la surface inférieure du Plateau pour base , & la perpendiculaire comprise entre cette base & la superficie du même vif argent pour hauteur : ce poids excède manifestement celui de la colonne de mercure qui est appuyée sur le Plateau , même jointe au poids du Plateau , & la difference est l'excès du

## 32 LEÇONS DE PHYSIQUE

poids du mercure sur celui du Plateau, en volumes égaux.

Le vif argent est beaucoup plus commode pour cette Expérience, en ce qu'il ne s'attache pas au bois, & ne mouille pas comme fait l'eau, & par-là ne s'insinue pas aussi aisément entre les deux Plateaux.

L'Expérience qu'on a faite ensuite, sert à démontrer la même chose ; sçavoir que les Fluides peuvent contenir, & même abaisser des Corps spécifiquement plus légers qu'eux, avec cette différence seulement, que dans l'Expérience précédente on l'a démontrée des Corps solides, & que dans celle-ci on le prouve des Fluides ; j'en passerai l'explication que chacun peut faire soi-même.

Nous avons mis, s'il vous en souvient, un peu de vif argent dans un vaisseau de verre, nous y avons plongé des Tubes de différents diamètres, dans lesquels le vif argent s'est élevé à la même hauteur que la surface de celui du vaisseau ; nous avons ensuite versé de l'eau par-dessus  
(qui

qui n'a pu entrer dans les tuyaux, parce que leurs orifices étoient plongés dans le mercure, ) & vous avez vu le vif-argent s'élever dans les Tubes au-dessus du niveau de celui qui restoit dans le vase. Cet effet est une suite toute naturelle de la pesanteur de l'eau sur le vif-argent : Car si nous imaginons un Plan parallèle à l'horison qui passe par l'orifice inférieur de tous ces tuyaux, il est certain que ces Fluides ne pourront rester en équilibre, à moins que chaque égale partie du Plan n'en soit également pressée, comme nous l'avons déjà prouvé.

Or les parties de ce Plan qui sont directement sous les orifices des tuyaux, ne peuvent être autant pressées que les autres, à moins que le vif-argent ne monte dans ces mêmes tuyaux, assez pour contrebalancer par sa pesanteur, l'effort de l'eau qui presse sur les autres parties du Plan ; & quoiqu'il semble d'abord qu'une colonne de vif-argent d'une moindre hauteur dans un gros tuyau, est autant capable de contrebalancer cette pression

### 34 LEÇONS DE PHYSIQUE

de l'eau , qu'une autre colonne d'une plus grande hauteur dans un petit tuyau : ( les quantités de mercure qui forment ces colonnes pouvant être égales , ) il en arrive néanmoins tout autrement ; car quoiqu'il y ait une plus grande masse de vif-argent dans le gros tuyau , aussi faut-il considérer qu'elle presse une plus grande partie du Plan.

Nous sommes enfin arrivés à cette ingénieuse Expérience dont s'est servi *M. Pascal* , pour faire voir que l'effet du Syphon peut dépendre de la pesanteur d'un Fluide. Nous avons vu , & par conséquent nous n'en pouvons plus douter , que le poids & la pression de l'huile de Terebenthine sur l'eau colorée , la fait couler par le tuyau recourbé , du vaisseau dans lequel elle étoit plus élevée , dans celui où elle l'étoit moins ; mais pour vous faire concevoir cette vérité aussi clairement qu'elle vous a été sensible , je vais vous rapporter l'explication qu'en a donnée cet excellent Auteur , après que je vous aurai prévenu , qu'il

## EXPERIMENTALE. 35

lieu d'eau teinte, il s'est servi de vif-argent, & d'eau commune au lieu d'huile de Terebenthine.

Nous devons remarquer, dit-il, que l'huile pesant sur l'eau colorée qui est dans chaque vaisseau, & point du tout sur celle qui est dans les branches du Syphon, il arrive que le poids de cette huile fait monter l'eau dans chaque branche jusqu'au haut du Syphon, qu'il doit y avoir là une espèce de combat entre ces colonnes qui se pressent ainsi mutuellement, d'où il résulte que celle qui a le plus de force doit nécessairement prévaloir; Or voyons laquelle a le plus de force. Puisque la colonne d'huile qui porte sur l'eau du petit vaisseau, a un pouce de plus, que celle qui porte sur le grand vaisseau, elle élèvera davantage l'eau colorée dans la plus grande branche, par la force que lui donne la pesanteur d'un pouce d'huile qu'elle a de plus, d'où il paroît d'abord que l'eau devroit couler de la plus longue branche par la plus courte; mais il faut en même-

## 58 LEÇONS DE PHYSIQUE

temps considérer, que le poids de l'eau dans chaque branche résiste à celui de l'huile qui tend à l'élever.

A présent cette résistance n'est pas égale dans les deux branches, car elle est plus grande dans la plus longue, en vertu du poids d'une colonne d'eau d'un pouce qu'elle a de plus : la colonne d'huile qui élève l'eau dans la plus grande branche, a donc un pouce de plus, & la colonne d'eau qui contrebalance cette colonne d'huile a donc aussi un pouce de plus : mais un pouce d'eau pèse davantage qu'un pouce d'huile, donc absolument parlant, l'eau est élevée avec plus de force dans la plus courte branche, & par conséquent doit monter & continuer de monter, jusqu'à ce qu'elle soit venue à niveau dans les deux vases. (a)

(a) L'Auteur nous a donné ici l'explication de M. Pascal ; mais je me souviens que dans son discours public il l'expliqua de cette manière. Supposant (Fig. 11.) les branches du Syphon réellement égales, ou ce qui revient au même, supposant un Plan horizontal qui passe au travers des branches, de l'eau colorée & des Gobelets : Les parties de ce Plan qui seront dans l'intérieur des branches, seront également pressées par d'égales colonnes d'eau teinte,



D'où il suit, que la raison pourquoi l'eau s'écoule du vaisseau le plus élevé dans celui qui est plus bas, vient de ce que l'eau est spécifiquement plus pesante que l'huile; le contraire devoit arriver, si le Syphon & les vaisseaux dans lesquels ses branches sont plongées étoient pleins d'huile & enfoncés dans un vaisseau plein d'eau; car il arriveroit alors que l'huile du plus petit vaisseau monteroit par la plus longue branche, & passant par le haut du Syphon, descendroit dans le grand vaisseau, suivant l'explication que j'en viens de donner tout-à-l'heure; car l'eau pressant continuelle-

renfermée dans ces branches; mais, d'autres égales parties de ce Plan, hors de chaque branche, seront inégalement pressées par les colonnes de liquides qui sont au-dessus, quoi qu'elles soient d'égale hauteur; parce qu'une de ces colonnes qui répond au grand vaisseau, est composée de plus d'eau & de moins d'huile, que celle qui répond au plus petit; la colonne la plus pesante, c'est-à-dire celle qui est dans le grand vaisseau, élèvera donc plus fortement l'eau dans la branche qui lui correspond, que ne fera la colonne la plus légère dans la branche qui plonge dans le petit vaisseau: la différence de ces deux pressions fera couler l'eau par le Syphon du grand vaisseau dans le petit. Or cet excès de pression qui cause l'écoulement, est la différence en pesanteur de deux colonnes, l'une d'huile & l'autre d'eau, dont la base est égale à l'orifice du Syphon, & la hauteur est la différence de celles de l'eau dans les deux Gobelets.

### 38 LEÇONS DE PHYSIQUE

ment sur l'huile dans le petit Gobelet , avec une force plus grande , puisqu'elle a un pouce de plus , & l'huile de la branche la plus longue résistant plus que celle de l'autre , en vertu d'un pouce de hauteur qu'elle a de plus ; cet effet doit nécessairement s'ensuivre , puisqu'un pouce d'huile pèse moins qu'un pouce d'eau , & qu'ainsi l'huile de la grande branche est plus puissamment élevée que celle de la plus courte , par conséquent l'écoulement doit se faire du petit vaisseau dans le grand. Par une suite de la même explication , si le Syphon étoit rempli d'un Fluide de même gravité que l'eau , il ne se feroit aucun écoulement , mais tout demeureroit en repos.

Je pourrois maintenant tirer facilement de ces Expériences , les conséquences qui en font l'objet ; mais elles ne sont pas encore assez sensibles pour m'y arrêter , j'en dirai seulement deux mots. Supposons donc que l'air soit un Fluide pesant , & que la surface de la terre en soit autant pressée , que si elle

## EXPERIMENTALE 39

Étoit par-tout couverte de vif argent à la hauteur de 29 pouces  $\frac{1}{2}$ , ou bien d'eau jusqu'à la hauteur de 34 pieds, comme nous prouverons dans la suite que cela est. Si dans la premiere Expérience (Fig. 7.) nous substituons l'air à la place de l'Eau, & si à la place du Plateau de cuivre appliqué à l'orifice du vaisseau de cristal nous concevons deux marbres polis appliqués si exactement l'un contre l'autre, qu'il n'y ait point du tout d'air entre deux, ils doivent nécessairement être pressés mutuellement, & rester attachés; de même dans l'avant dernière Expérience, (Fig. 10.) dans laquelle le vif argent s'est élevé dans les deux tuyaux, si nous substituons le corps d'une Pompe à un de ces tuyaux, l'eau d'un puits au vif-argent qui est au fond du vase, enfin l'air au lieu de l'eau que nous avons versée sur le vif argent; pourvu qu'on observe d'empêcher l'air d'entrer entre la Pompe & le Piston, comme nous avons empêché l'eau d'entrer par l'orifice supérieur du tuyau; chacun

## 45 LEÇONS DE PHYSIQUE

concevra que l'eau pourra monter dans la Pompe à la hauteur d'environ 34 pieds , par la pression de l'air extérieur qui pèse sur l'eau du puits. La Seringue est une petite Pompe , & la Pompe une grande Seringue ; ce qu'on a dit de la Pompe , peut donc s'appliquer à la Seringue : c'est la même chose pour le tuyau de Toricelli , & les Baromètres dans lesquels le vif argent se tient communément à la hauteur de 29 pouces  $\frac{1}{2}$  le poids d'une pareille colonne de vif argent , faisant équilibre avec une colonne d'eau d'environ 34 pieds.

On voit évidemment , que comme dans notre Expérience le vif-argent monte à la même hauteur dans tous les tuyaux , quoique de diamètres différents , de même aussi la hauteur des Fluides doit rester la même dans les Pompes & les Baromètres , malgré la différence de leurs ouvertures.

La dernière Expérience convient si bien au Syphon , que chacun peut en faire aisément soi-même l'application.

TROISIÈME LEÇON.

*Les Fluides pressent en raison de leur hauteur perpendiculaire, quelque soit leur quantité, & la figure des vaisseaux qui les contiennent; estimation exacte de toutes les espèces de pressions; recherche du centre de pression d'un Fluide sur un Plan quelconque, où l'on démontre qu'il est le même que celui de percussion.*

**N**OUS allons déterminer à présent la pression qu'un Fluide exerce par sa pesanteur contre une surface quelconque; pour le faire avec ordre, nous commencerons par les cas les plus simples & les plus aisés, d'où nous passerons à ceux qui sont compliqués. Soit,  $ab$ ,  $cd$ , (Fig. 12.) un vaisseau qui contienne un Fluide comme de l'eau, soit,  $ab$ , la surface supérieure de cette eau, &  $cd$  le fond du vase; la pression sur chacune des parties du fond, comme  $gh$ , sera égale au poids d'une colonne d'eau  $ghik$ ; dont la partie  $gh$  sera la base, &  $gi$  ou  $hk$  la hauteur perpendiculaire

## 42 LEÇONS DE PHYSIQUE

ceci est évident, & on peut le prouver par l'absurdité du contraire.

Car si on dit que  $gh$  soutient un plus grand poids que celui de la colonne  $ghik$ , l'excès en doit venir des colonnes collatérales  $acgi$ ,  $khdb$ . Par la même raison on doit dire que  $cg$  soutient un plus grand poids que celui de la colonne  $acgi$ , &  $hd$  un plus grand aussi que celui de la colonne  $khdb$ . Mais si cela est vrai, toutes les parties  $cg$ ,  $gh$ ,  $hd$ , du Plan  $cd$  soutiendront conjointement un effort plus grand que celui de toute l'eau qui est dans le vaisseau  $abcd$  ce qui est absurde; ce fera la même chose, si on dit que  $gh$  soutient une pression moindre que celle qui est causée par le poids de la colonne  $ghik$ . Donc le poids de la colonne qui est perpendiculairement au-dessus du Plan, est la mesure de la pression que soutient ce Plan. Telle est celle que souffre le Plan  $gh$  dans le cas dont il s'agit.

Si la figure du vaisseau vient à changer, la pression sera toujours la même,

tant que la perpendiculaire entre le Plan  $gh$  & la superficie de l'eau contenuë dans le vase, de quelque figure qu'il soit, demeurera exactement la même ; ainsi dans le vaisseau  $lnghom$  (Fig. 13. & 14) dont la figure est irréguliere, si  $lm$  est la surface de l'eau, & si la distance perpendiculaire entre  $gh$  &  $lm$ , sçavoir  $gi$  ou  $hk$  est la même que ci-devant (Fig. 12.) la pression exercée par l'eau du vaisseau  $lnghom$  contre le fond  $gh$  sera égale au poids de la colonne d'eau  $ghik$  (Fig. 12.) quoiqu'il y ait bien moins d'eau dans la Figure 13. & bien davantage dans celui de la Figure 14. La pression ne doit donc pas s'estimer de la quantité d'eau, mais de sa hauteur ; car si la quantité d'eau  $lghm$  Fig. 13. est mille fois moindre que la quantité  $ghik$  (Fig. 12.) ce qu'on peut bien supposer ; & celle-ci mille fois moindre que la quantité  $lghm$  Fig. 14. il y aura donc dans ce dernier vaisseau un million de fois plus d'eau que dans le premier ; néanmoins la pression de deux quanti-

#### 44 LEÇONS DE PHYSIQUE

rés d'eau si différentes sur un égal fond  $g h$  sera toujours égale au poids de la colonne perpendiculaire  $g h i k$ ; ce qui peut avec raison passer pour un Paradoxe d'Hydrostatique, mais qu'on peut cependant démontrer, de cette manière entr'autres.

Concevons chacun de ces vaisseaux placé dans un autre plus large  $a b c d$ ; la pression sur  $g h$  demeurera toujours la même, soit que nous supposions l'eau  $l n g h o m$ , contenue dans son propre vaisseau; ou qu'imaginant ce vaisseau enlevé, nous supposions à sa place l'eau  $a c g n l$  &  $h o m b d$ ; car on peut concevoir l'eau du petit vase, comme retenue par celle du grand qui l'environne de tous côtés, comme faisoit le premier vaisseau. Supposons donc à présent tout en repos, il est évident dans ce dernier cas, où nous supposons l'eau environnante  $a c g n l$  &  $h o m b d$  servir de vaisseau à l'eau  $l n g h o m$ , que la pression sur  $g h$  est égale au poids de toute la colonne  $g h i k$ , comme il a déjà été



## EXPERIMENTALE. 45

prouvé ; donc aussi dans le premier cas ; quand l'eau *lnghom* étoit contenue dans son propre vaisseau , la pression sur *gh* étoit aussi égale au poids de la même colonne *ghik*. En raisonnant de la même manière , on conclura que l'eau contenue dans quelque vaisseau que ce soit de figure irrégulière , comme *lnghom* Figure 15. pressera le fond avec une force égale au poids de la colonne d'eau qui auroit le même fond pour base , & *gi* ou *hk* perpendiculaire entre les deux Plans *gh* , *ik* ; pour sa hauteur.

Si le Plan *gh* est incliné à l'horison comme dans la Figure 16. la pression exercée sur *gh* par l'eau du vaisseau *lnghom* , ou du vaisseau *eghf* , ou encore du grand vaisseau *acbd* sera toujours la même , tant que les surfaces supérieures , *lm* , *ef* , *ab* seront dans le même Plan , ou à la même hauteur au-dessus de *gh* ; en un mot , la hauteur du Fluide est toujours la mesure de la pression sur une base donnée , quelle que

## 46 LEÇONS DE PHYSIQUE

soit la figure du vase & la quantité de  
Fluide qu'il contient (a).

J'entreprendrois bien dès-à-présent

(a) L'Auteur démontrait ainsi cette proposition. La Fig. 17. représente un Syphon renversé, à branches inégales; il est à moitié rempli d'eau, dont la surface reste à niveau dans les deux branches: donc en supposant le Syphon coupé au fond de la courbure par un Plan, l'eau de chaque branche presse ce Plan de part & d'autre avec une force égale & opposée, quelle que soit la figure des branches & la quantité d'eau qu'elles contiennent; autrement les surfaces ne resteroient pas de niveau.

On a vu ci-dessus que le Plateau de cuivre (Fig. 7.) qui est environ 8 fois plus pesant qu'un pareil volume d'eau, restoit appliqué à l'orifice du vaisseau intérieur quand il étoit plongé à plus de 8 fois son épaisseur: Quand donc il est ainsi suspendu dans l'Expérience, il faut verser de l'eau dans le vaisseau intérieur & en observer la hauteur quand le Plateau se séparera de l'orifice; ou plutôt observer la différence en hauteur entre l'eau des deux vaisseaux au moment de cette séparation; cette différence suivant la Théorie que nous avons établie, doit être environ 8 fois l'épaisseur du Plateau. Après cette observation, il faut faire entrer à force dans le vaisseau intérieur, un morceau de liège, enveloppé d'un cuir mouillé, & l'enfoncer d'un

petite cavité entre lui  
ce d'un trou à son Cen-  
un petit Tube de verre  
art de pouce de Diamè-  
Tube le fil de fer qui sert  
liqué à l'orifice du vais-  
au sera soutenu comme  
le peu à peu de l'eau par  
ace qui est entre le Pla-  
e Tube à une certaine  
e cette hauteur sera cel-  
où il suit que la pres-  
est égale à celle d'une  
, quand elles ont une

## **EXPERIMENTALE. 47**

l'estimation des efforts des Fluides contre toute sorte de Plans, tant perpendiculaires qu'inclinés à l'horison ; mais parce que les parties infiniment petites qui composent ces Plans, souffrent différents efforts, suivant que les particules d'eau qui les touchent immédiatement, sont elles-mêmes différemment pressées, c'est-à-dire, selon qu'elles sont à différentes profondeurs ; d'ailleurs, puisque tous ces différents efforts pris ensemble, nous font connoître la pression totale, nous devons considérer avant d'aller plus loin, quelle doit être l'effort que soutiendra chacune de ces parties infiniment petites.

Premièrement donc, nous considérons que chaque particule d'un Fluide en repos est également pressée de tous côtés par toutes celles qui l'entourent, autrement elle céderoit jusqu'à ce qu'elle fut également pressée ; étant donc également pressée de tous côtés, elle doit aussi par sa réaction agir avec la même force contre tout ce qui lui est contigu,

## 48 LEÇONS DE PHYSIQUE

& cela suivant toutes les directions imaginables ; car si elle pressoit moins quelle est pressée , elle obéiroit nécessairement à la force qu'on suppose plus grande que la sienne , & si elle pressoit davantage , elle écarteroit ses plus foibles antagonistes , par cet excès de force ; donc puisqu'on suppose toutes choses en repos , on ne sçauroit imaginer que cette inégalité de pression puisse avoir lieu : à présent nous avons démontré que la pression de haut en bas est égale au poids de la colonne immédiatement perpendiculaire ; donc la pression , suivant toute autre direction , est aussi égale au poids de la même colonne perpendiculaire , & puisque l'action est égale à la réaction , cette même particule dont nous parlions tout-à-l'heure , doit agir contre toutes celles qui l'environnent avec la même force , sçavoir celle qui est égale au poids de la colonne immédiatement perpendiculaire. Un Fluide pressant donc suivant toute sorte de directions , il est évident que les pressions suivant toutes ces directions seront

Seront égales, si les points de contact dans lesquels elles s'exercent sont à d'égales profondeurs, ce qui étant accordé nous pouvons avancer.

Supposons que  $abcd$  (Fig. 19.) soit un vaisseau cubique rempli d'eau jusqu'au haut, dont la surface soit représentée par  $ab$ ; pour déterminer la pression exercée par le poids de l'eau qu'il contient, contre chacun de ses côtés comme  $ac$ ; (ce côté, qui est un carré, est ici exprimé par une ligne droite pour éviter la confusion) la mesure de la pression sur chaque point physique de ce carré, ou comme on le représente ici, sur chaque point de la Ligne  $ac$ , est la hauteur de l'eau au-dessus de ce point, ainsi la pression sur  $l$  est exprimée par  $al$ , la pression sur  $m$  par  $am$ , sur  $n$  par  $an$ , sur  $c$  par  $ac$ , & ainsi de tout autre point de la Ligne  $ac$ ; donc la pression sur toute la Ligne ou sur tous ses points, sera mesurée par la somme de toutes les hauteurs  $al$ ,  $am$ ,  $an$ ,  $ac$ , selon qu'il y aura de points dans la Ligne  $ac$ ; à présent cette somme

D.

## 50 LEÇONS DE PHYSIQUE

peut s'estimer en menant du point  $l$ , la perpendiculaire  $lo$  égale à  $al$ ; du point  $m$ , la perpendiculaire  $mp$  égale à  $am$ ; du point  $n$ , la perpendiculaire  $ng$  égale à  $an$ ; enfin du point  $c$ ,  $cd$  égale à  $ac$ .

Or il est évident que la somme de  $al$ ,  $am$ ,  $an$ ,  $ac$ , &c. doit être égale à la somme des perpendiculaires  $lo$ ,  $mp$ ,  $nq$ ,  $cd$ ; & si de chaque point intermédiaire entre  $a$  &  $l$ , on conçoit des perpendiculaires menées de la même manière, la somme de toutes ces perpendiculaires sera la mesure entière des pressions sur  $ac$ : mais la somme de toutes ces perpendiculaires est égale à la surface du triangle  $acd$ : donc la surface de ce triangle  $acd$  est la mesure de toutes les pressions sur la Ligne  $ac$ . Maintenant la Ligne  $ac$  représentant un quarré, le triangle  $acd$  représentera un prisme, dont ce même triangle est la base & le côté du quarré la hauteur; le poids de ce prisme d'eau est donc la mesure de la pression exercée contre le quarré ou côté du Cube; or ce prisme est la moitié du Cube,

## EXPERIMENTALE. 51

comme on sçait par les élémens d'Euclide : donc la pression exercée contre ce quarré est égale au poids de la moitié de l'eau contenuë dans le vaisseau Cubique : Il y a quatre pareils côtés dans le Cube , outre le fond & la superficie , & chacun de ces quatre côtés soutient une semblable pression : donc tous ensemble soutiennent quatre fois la moitié , c'est-à-dire deux fois le poids de toute l'eau contenuë dans le vaisseau : & le fond , suivant ce que nous avons déjà démontré , soutient lui-même la pression entiere de l'eau ; donc le fond & les côtés d'un vaisseau Cubique rempli d'eau , supportent ensemble un effort égal à trois fois la pesanteur de l'eau contenuë dans ce vaisseau. J'ai tâché de rendre la chose aussi aisée , que j'ai cru que la nature de la matiere le pouvoit permettre ; cependant comme l'endroit de cette démonstration où j'ai dit que le Triangle *acd* représentoit un prisme , quand la Ligne *ac* représente un quarré , pourroit paroître obscur , je vais tâcher de l'éclaircir.

D ij

## §2 LEÇONS DE PHYSIQUE

Soit donc  $acfe$  (Figure 20.) le côté quarré du vaisseau, &  $cdgf$  le fond quarré du même vaisseau. Nous avons prouvé que la pression sur la Ligne  $ac$  étoit exprimée par le triangle  $acd$ : en raisonnant de même, on prouvera que la pression sur la Ligne  $ef$  sera évaluée par le triangle  $efg$ , & la pression sur un autre côté quelconque  $hi$  parallèle aux deux autres, & situé entre deux, sera mesurée par le triangle  $hik$ : Or si nous imaginons le quarré  $acfe$  composé d'une infinité de semblables lignes  $hi$ , la pression sur tout le quarré sera exprimée par une infinité de triangles semblables  $hik$ ; à présent la somme de tous ces triangles compose le prisme  $aegdcf$ , & ce prisme est la moitié de tout le Cube, comme  $acd$  est la moitié du quarré  $acdb$ . Si le Plan  $acfe$  au lieu d'être un quarré, est un parallélogramme rectangle, dont le côté  $ae$  seroit plus long ou plus court que  $ac$ , il suivra de ces principes, que la pression que soutiendra ce côté, sera égale au poids d'un prisme d'eau qui auroit



le triangle  $acd$ , pour base & le côté  $ae$  pour hauteur.

Je n'ai parlé jusqu'ici que des Plans perpendiculaires ou parallèles à l'horizon ; il ne fera pas difficile d'appliquer ce que j'en viens de dire , à ceux qui lui sont inclinés. Qu' $ac$  représente donc ( Figure 21.) un Plan oblique quelconque , &  $ab$  la surface de l'eau qui pèse sur ce Plan ; la mesure de la pression sur le point  $b$  est  $ls$ , hauteur perpendiculaire de l'eau au-dessus de ce point : de même  $fm$ , est la mesure de la pression sur le point  $m$ ,  $vn$  sur  $n$ ,  $xc$  sur le point  $c$  ; & imaginant la même chose de tous les points de la Ligne  $ac$ , la somme de toutes ces perpendiculaires qui est le triangle  $acr$ , sera la mesure de la pression sur toute la ligne  $ac$  ; or si cette Ligne représente un parallélogramme , comme ci-devant , le triangle deviendra un prisme & le poids d'un pareil prisme d'eau , dont Euclide enseigne les dimensions , sera ce que soutiendra le parallélogramme , ou Plan oblique.

## 34 LEÇONS DE PHYSIQUE

J'ai supposé jusqu'à présent que la Ligne  $ca$ , ou le parallélogramme quelle représente, se rencontre avec la surface de l'eau en  $a$ , si cela n'arrivoit pas, & que la partie la plus élevée de la Ligne, ou parallélogramme, fût encore à quelque distance de la surface de l'eau, le calcul en feroit toujours assez facile. Soit  $mc$  (Figure 21.) la Ligne ou le parallélogramme proposé, la pression sur cette Ligne  $mc$  sera mesurée par le Trapeze ou Figure à quatre côtés  $mcrp$ , & la pression sur le parallélogramme que cette Ligne représente, sera exprimée par un prisme qui auroit ce Trapeze pour base, & l'autre côté du parallélogramme, qu'on suppose parallèle à la surface de l'eau, pour sa hauteur.

Vous pouvez concevoir par ce que je viens de dire sur ce petit nombre d'exemples, que la pression exercée contre un Plan de quelque Figure & dans quelque situation qu'il soit, est toujours égale au poids d'un solide d'eau, formé par les perpendiculaires élevées sur cha-

que point du Plan proposé , & égales aux distances respectives de ces points à la superficie de l'eau. Car ces perpendiculaires étant la mesure de la pression sur les points sur qui elles sont élevées, leur somme ou le solide qu'elles formeront , sera égale à la somme des pressions sur tous les points, c'est-à-dire , à la pression sur tout le Plan.

Nous pouvons encore exprimer la même chose plus généralement , tant pour les surfaces courbes que pour les planes , en cette sorte : *La pression d'un Fluide sur un Plan , est égale à la somme des produits de chaque infiniment petite partie de ce Plan , par sa distance à la superficie du Fluide ;* car la pression sur chacune de ces parties , est égale au poids d'une colonne qui auroit cette particule pour base , & sa distance à la surface du Fluide pour hauteur ; or pour peu qu'on soit Geomètre , on voit évidemment que ces colonnes se mesurent en multipliant la base par la hauteur ; donc la somme des produits de routes ces particules ou bases ,

## 36 LEÇONS DE PHYSIQUE

par leur hauteur ou distances respectives de la surface du Fluide, est égale à la somme des colonnes qui pesent sur chaque particule, & partant au solide qui presse par son poids toute la surface proposée.

Reste à présent à connoître la somme de tous ces produits, or c'est un problème qui n'est souvent pas aisé. *Stevin*, dans son *Hydrostatique*, la résolu seulement dans quelques cas, encore ne se rapportent-ils qu'aux surfaces planes & régulières; cependant c'est lui qui a avancé le plus loin dans cette recherche. Voici pour le résoudre une formule générale, aussi facile & aussi expeditive qu'on la puisse desirer : *La pression sur une surface de Figure & de situation quelconque, est égale au poids d'un solide d'eau produit, en multipliant sa surface par l'abaissement de son centre de gravité au-dessous de la superficie de l'eau.*

Ceux qui ne sçavent pas de *statique*, & qui ne connoissent pas la propriété du centre de gravité, n'entendront peut-être pas la démonstration de cette for-

Enule , je la donnerai cependant en faveur de ceux qui pourront l'entendre : les autres supposant une vérité qui est démontrée par tous les Mechaniciens, seront pleinement satisfaits quand ils entendront le Theorème suivant , qui est fondé sur cette propriété.

*Si chaque partie infiniment petite d'une ou plusieurs surfaces , est respectivement multipliée par sa distance perpendiculaire d'un Plan donné quelconque , la somme de tous les produits sera égale à celui de la surface entiere , ou de toutes ensembles , s'il y en a plusieurs , par la distance perpendiculaire du centre de gravité de cette surface , ou du centre commun de gravité de toutes les surfaces , au Plan proposé (a).*

(a) Fig. 22. soient  $a, b, c, d$  un nombre de grandeurs qui représentent autant de poids suspendus à leur centre de gravité  $a, b, c, d$  par les cordes  $ao, bo, co, do$  attachées au Plan horizontal  $oooo$  ; soit  $x$  leur centre commun de gravité , &  $xo$  , sa distance perpendiculaire au Plan ; ie dis que  $a \times ao + b \times bo + c \times co + d \times do = a + b + c + d \times xo$ .

Car soit  $x$  le centre commun de gravité des poids  $a$  &  $b$  , & soit tirée  $xo$  parallèle aux autres ; que  $am$  &  $bn$  lui soient perpendiculaires. A cause des triangles semblables , on aura  $mx : nx :: (xa : xb ::) b : a$  par

## 58 LEÇONS DE PHYSIQUE

Prenant à présent la superficie de l'eau pour la surface à laquelle nous allons rapporter les infiniment petites parties du Plan contre lequel se fait l'effort du

la propriété du centre de gravité ; d'où on tire  $a \times mx = b \times nx$ , ou bien  $a \times mo - xo = b \times xo - no$ , ou bien encore  $a \times mo - a \times xo = b \times xo - b \times no$  ; d'où on tire enfin  $a \times mo + b \times no = a + b \times xo$  ; ce qu'il falloit démontrer dans le cas le plus simple de la proposition.

Or soit à présent le poids  $x = a + b$  suspendu par la corde  $xo$  dans le centre commun de gravité de  $a$  & de  $b$ , & pareillement le poids  $y = x + c$  dans le centre commun de gravité de  $x$  & de  $c$ , enfin le poids  $z = y + d$  dans le centre commun de gravité de  $y$  & de  $d$ , donc  $z$  est le centre de gravité commun des poids  $a, b, c, d$  proposés d'abord.

Par conséquent, par ce qui a été prouvé dans le premier cas, nous avons  $a \times ao + b \times bo = x \times xo$ , & pareillement  $x \times xo + c \times co = y \times yo$ , & de même  $y \times yo + d \times do = z \times zo$  ; & enfin  $a \times ao + b \times bo + c \times co + d \times do = (z \times zo)$   $a + b + c + d \times zo$ , ce qu'il falloit démontrer.

D'où il suit, que si on considère une ou plusieurs surfaces quelconques, comme également pesante dans chacune de leurs parties, & comme divisées en une infinité de petites parties, suspendues par des lignes tirées perpendiculairement de leur centre de gravité, à un Plan horizontal ; il est évident qu'en multipliant chaque partie par sa perpendiculaire, la somme de tous ces produits sera égale à celui de toute la surface multipliée par la perpendiculaire tirée de son centre de gravité au même Plan, & que cette égalité subsistera toujours, tant que ces lignes seront perpendiculaires à un Plan quelconque, quand même il ne seroit pas parallèle à l'horizon.

## EXPERIMENTALE. 59

**Fluide :** puisqu'on a déjà fait voir que la pression contre ce Plan est égale au poids d'un solide d'eau , aussi grand que la somme des produits de chaque partie infiniment petite par sa distance perpendiculaire , & que cette somme des produits , par le Theorème que je viens de rapporter , est exactement égale à celui de toute la surface , ou somme des surfaces , multipliée par la distance perpendiculaire de leur centre commun de gravité à la superficie de l'eau ; il est manifeste que le même produit est la quantité d'eau dont la pesanteur cause la pression cherchée ; la même règle se pourroit encore démontrer autrement , mais j'ai choisi cette méthode comme la plus convenable & la plus facile.

*Stevin* s'est encore proposé un autre problème ; sçavoir , de déterminer le centre de pression sur un Plan proposé ; on entend par ce centre un point tel , que si on y réunissoit toute la pression , l'effort que ce Plan soutiendrait , seroit précisément le même , que lorsque la

## 36 LEÇONS DE PHYSIQUE

pression est inégalement distribuée dans toute son étendue , comme on l'a supposé jusqu'ici. Nous pouvons dire autrement , que c'est le point auquel nous concevons toute la pression réunie ; ou bien encore que c'est un point , auquel si on appliquoit une force égale & opposée à la pression , tout demeureroit en équilibre , & ces deux forces se soutiendroient mutuellement.

Ainsi , si *abcd* Fig. 23. représente un vaisseau plein d'eau , & dont le côté *ac* est pressé par une force de 20. liv. d'eau : nous avons vû que cette force est inégalement distribuée sur *ac* , que les parties proche de *a* sont moins pressées que les parties proche de *c* , qui sont à une plus grande profondeur , & par conséquent que les efforts de toutes les pressions sont réunis dans quelque point *z* plus proche de *c* , que de *a* ; or c'est ce point *z* qu'on appelle le Centre de pression : Si donc on applique à ce point une force égale à un poids de 20. liv. le Plan sera affecté de même , que lorsque



## EXPERIMENTALE. 61

La pression est inégalement distribuée dans toute son étendue ; & si nous appliquons la même force au même point , mais dans une direction contraire , elle contrebalancera la pression de l'eau , & leurs effets se détruiront mutuellement. Supposons une corde  $z p \omega$  fixée en  $z$  qui passant sur la poulie  $p$  , est attachée à un poids  $\omega$  de 20. liv. de maniere que la partie  $z p$  de la corde soit perpendiculaire à  $ac$  , & que l'effort du poids  $\omega$  soit égal , & sa direction contraire à la pression de l'eau ; si  $z$  est le centre de pression , ces deux puissances seront en équilibre , & leurs efforts se détruiront mutuellement.

On feroit sans doute curieux d'avoir une méthode générale pour trouver ce centre de pression dans toute sorte de cas ; nous ne pouvons pas attendre là-dessus de grandes lumieres de *Stevin* , il n'en a résolu qu'un petit nombre , & même des plus aisés , laissant à son Lecteur le soin d'appliquer sa méthode dans d'autres circonstances ; mais ceux qui le vou-

## 82 LEÇONS DE PHYSIQUE

dront faire , trouveront à ce que je crois plus de difficultés qu'ils ne s'y attendent. Cette raison m'a engagé à chercher la formule générale que je donne ici.

*Si on prolonge un Plan proposé , jusqu'à ce qu'il rencontre la superficie de l'eau aussi prolongée s'il est nécessaire , & qu'on regarde la commune section comme l'Axe de suspension du Plan ; le centre d'oscillation ou de percussion de ce Plan , qu'on imagine tourner autour de l'Axe , fera le centre de pression cherché.*

Si donc *ac* Fig. 24. représente le Plan proposé , lequel soit prolongé jusqu'à ce qu'il coupe le Plan *gh* en *d* ; on prend *d* pour l'Axe de suspension du Plan *ac* , le centre de percussion , du Plan *ac* tournant autour de *d* , fera aussi le centre de pression ; car si les forces percussives de chaque point du Plan , sont comme les pressions exercées sur ces points , le centre de percussion doit nécessairement être le même que celui de pression ; or cette force de percussion est par tout la

## EXPERIMENTALE. 63

même, que celle de la pression de l'eau : voici comme je le prouve. La force percussive de chaque point comme  $b$ , est comme la vitesse de ce point  $b$ , & cette vitesse est comme la distance  $bd$ , à l'Axe du mouvement : de même la force percussive de  $a$ , est comme  $ad$ , celle de  $c$ , comme  $cd$ . Puis donc que les forces percussives des points  $a, b, c$  sont comme les Lignes  $ad, bd, cd$ , & que ces Lignes sont comme  $ea, fb, gc$ , perpendiculaires à la surface de l'eau ; enfin, que ces perpendiculaires sont comme les pressions sur  $a, b, c$ , il suit que les forces percussives, prenant  $d$  pour l'Axe de suspension ou de mouvement, sont respectivement comme les pressions de l'eau sur les mêmes points. Donc le centre de percussion ou celui d'oscillation, est le même que celui de pression.

Les Geomètres modernes excités par la belle invention des horloges à pendule, se sont beaucoup appliqués à déterminer exactement le centre d'oscillation ; les

## 64 LEÇONS DE PHYSIQUE

regles qu'ils nous ont laissé là-dessus sont faciles, & ils les ont souvent appliquées. Ayant donc fait voir comment on peut se servir du centre d'oscillation, pour déterminer le centre de pression, je crois avoir suffisamment rempli les vûes que je m'étois proposées ; cependant pour une plus grande évidence, j'ajouterai quelques exemples.

Soit proposé de trouver l'effort que supporte un Plongeur, quand le centre de gravité de la surface de tout son corps est à la profondeur de 32 pieds. La surface d'un homme de moyenne taille est d'environ 10 pieds quarrés, & en multipliant 32, la profondeur du centre de cette surface, par 10, superficie de tout le corps ; on aura par-la regle précédente 32 fois dix pieds cubiques pour le solide d'eau, dont la pesanteur presse le Plongeur : Or un pied cubique d'eau par plusieurs Expériences, pèse 1000 onces, de la livre *aver du poids* ; donc  $32 \times 10$  ou  $16 \times 20$ , fera  $16 \times 20$  000 onces, c'est-à-dire 20 000 liv. *aver du poids*

## EXPERIMENTALE. 65

*poids*, que soutient le Plongeur à trente-deux pieds de profondeur.

Soit encore, Fig. 25. le parallélogramme rectangle  $abcd$ , représentant un mur, un batardeau, la digue d'un étang, ou tout autre ouvrage de maçonnerie perpendiculaire à l'horison, & fait pour contenir de l'eau, dont  $ab$  soit la surface; qu' $ab$  soit de 20 pieds,  $ac$  de 12, enfin soit  $k$  le centre de gravité du Plan: la profondeur de ce centre sera égale à la moitié de  $gh$ , ou à la moitié de  $ac$ , c'est-à-dire de 6 pieds; on détermine l'aire de ce Plan en multipliant  $ab \times ac$ , c'est-à-dire  $12 \times 20$  ce qui fait 240 pieds quarrés; multipliant cette aire 240, suivant notre regle, par  $gk$ , qui est de 6 pieds, le produit, 1440 pieds cubiques d'eau, dont chacun pèse mille onces, c'est-à-dire 90000 livres, est l'effort que soutient le mur ou la digue  $abcd$ .

Pour trouver le centre de pression, il faut prendre la Ligne  $ab$  commune section de la digue & de la superficie de l'eau, pour l'Axe de suspension de

E

## 66 LEÇONS DE PHYSIQUE

Plan  $abcd$  ; or par les découvertes de *M<sup>rs</sup> Huyghens*, *Wallis*, & autres Géomètres, le centre d'oscillation  $z$  de ce Plan, sera dans la Ligne  $gh$  qui le coupe en deux, & est parallèle à  $ac$ , ou à  $bd$ , & la Ligne  $gz$  fera les deux tiers de  $gh$ , c'est-à-dire de 8 pieds ; ce même point  $z$  est aussi le centre de pression, comme nous venons de le prouver tout-à-l'heure.

---

### QUATRIÈME LEÇON.

*Des corps qui surnagent ou qui s'enfoncent dans les liquides ; examen de leur pesanteur & légèreté relatives, leurs différentes situations ; Phénomène des bulles de verre.*

**N**OUS allons considérer aujourd'hui les corps qui surnagent ou qui s'enfoncent dans les liquides : nous examinerons leur pesanteur & leur légèreté relatives, leurs différentes positions & situations. Cette recherche est le sujet d'un Ouvrage, intitulé : *De insidentibus in humida*,

## EXPERIMENTALE. 67

Composé par *Archimedes*, dont l'Original Grec a été perdu, & la Traduction Latine nous a été conservée.

J'aurois voulu vous faire un extrait de ce qu'il a enseigné, avec quelques additions; mais parce que les dernières propositions de son premier livre nous démontrent quelle situation doit affecter une portion de Sphère flottante, & que tout le second livre, excepté la première proposition, est uniquement employé à déterminer la même chose pour un Conoïde parabolique (qui est un solide formé par la révolution d'une parabole autour de son axe); je me contenterai de vous enseigner les fondements sur lesquels ces Theorèmes sont établis, & d'en faire en passant l'application à quelque solide : cette matiere convenant mieux à la Geométrie, qu'à l'Hydrostatique.

Nous avons vû que les Fluides pressent en tout sens les Corps qu'ils environnent, mais cette pression n'est pas la même sur toutes les parties d'un corps; car

## 68 LEÇONS DE PHYSIQUE

la hauteur du Fluide est par tout la mesure de cette pression , & les parties d'un même corps étant à différentes profondeurs , doivent être différemment affectées : cherchons donc laquelle de ces pressions est la plus considérable.

Il est évident que les pressions latérales sont en équilibre , & par conséquent égales entr'elles , puisqu'elles sont produites par des colonnes de Fluides d'égale hauteur , & que leurs directions sont opposées : donc elles ne peuvent point déterminer le corps à se mouvoir ; mais les parties du Fluide qui sont à la surface inférieure de ce corps plongé , ont par-dessus elles une plus grande hauteur , & par conséquent plus de force que celles qui s'appuyent seulement sur la surface supérieure ; donc le corps doit être plus fortement élevé par la première de ces deux puissances , qu'abaissé par la seconde , & il paroît qu'il devroit monter par l'excès de cette force , s'il étoit sans pesanteur.

On conçoit aisément que cet excès



de force, n'est autre chose que le poids d'un volume de Fluide dont le corps occupe la place ; ou bien encore que c'est la différence en pesanteur, de deux colonnes, qui ont pour bases les surfaces supérieures & inférieures du corps plongé, & dont les hauteurs sont les distances respectives de ces mêmes surfaces à la superficie du Fluide.

On a dit, que si les Fluides pesoient véritablement *en eux-mêmes*, ils devroient précipiter au fond tous les corps qu'on y plonge, au lieu qu'on voit arriver tous les jours le contraire dans ceux qui sont spécifiquement plus légers que le Fluide, dans lequel on les enfonce : ceux qui ont fait cette Objection, auroient dû en même-temps considérer, que si les surfaces supérieures des corps sont poussées vers le fond par la pesanteur du Fluide, les parties inférieures le sont davantage vers le haut, & que par conséquent, en faisant abstraction de la pesanteur du corps solide, il doit continuellement monter ; mais en considérant cette pesanteur, nous

## 70 LEÇONS DE PHYSIQUE

allons examiner ce qui en arrivera. Puisque tous les corps tendent à descendre par la force de leur pesanteur, & à monter par le poids d'un égal volume du Fluide dans lequel ils sont plongés : si le poids du solide est plus grand que celui d'un pareil volume du Fluide, ce corps doit descendre avec une force égale à la différence entre ces deux poids, & monter avec une force égale à une pareille différence, s'il est moins pesant qu'un pareil volume du Fluide dans lequel il est plongé.

Ainsi donc, les corps montent ou descendent suivant qu'ils sont spécifiquement plus pesants ou plus légers, que les Fluides dans lesquels on les enfonce.

Voici encore une autre manière de démontrer la même vérité. En quelque endroit du Fluide qu'on suppose le corps plongé : imaginons qu'il passe par sa surface inférieure un Plan parallèle à l'horizon : or il a été prouvé que ce Fluide ne peut arranger ses parties, ni qu'elles ne peuvent rester en repos, à moins que

Chaque égale portion du Plan horizontal n'en soit également pressée ; si donc le corps pèse autant qu'un égal volume du Fluide dont il occupe la Place , la partie du Plan imaginaire qui est directement au-dessous , sera autant pressée par le Fluide & le corps tout ensemble , que le sera toute autre égale partie du même Plan , par le Fluide qui est au-dessus d'elle. On ne peut donc point assigner ici de raison, pourquoi le corps se détermineroit à monter ou à descendre ; d'où l'on voit qu'il doit rester dans l'endroit où on l'aura mis ; si le corps est plus pesant qu'un pareil volume du même Fluide , la partie du Plan imaginaire qui est au-dessous sera plus pressée qu'une semblable , par l'excès de la pesanteur du corps sur celle d'un pareil volume de Fluide ; cette partie doit donc céder , & le corps doit descendre avec une force égale à cet excès. En raisonnant de la même manière , on peut appercevoir que si le corps est plus léger qu'un pareil volume du Fluide , il sera soulevé par la partie du Plan

## 72 LEÇONS DE PHYSIQUE

qui est dessous lui , avec une force égale à la différence entre sa pesanteur & celle d'un pareil volume du Fluide ; & qu'il doit continuer à monter , jusqu'à ce que la partie du Plan imaginaire , ( qu'on conçoit se mouvoir avec lui & toucher continuellement sa surface inférieure , ) soit autant pressée par-dessus que par-dessous ; c'est-à-dire , jusqu'à ce que le corps soit assez élevé au-dessus de la surface du Fluide , pour que le poids du volume de ce Fluide , dont la partie qui reste plongée occupe la place , soit égal à celui de tout le corps. Ainsi donc , la partie plongée sera au tout, comme la pesanteur spécifique du solide , est à la pesanteur spécifique du Fluide ( *a* ).

( *a* ) L'Auteur confirmoit ses démonstrations par les Expériences suivantes.

Pour découvrir avec quelle force un corps descend dans un Fluide , il se servoit d'une petite bouteille bouchée par le haut , dans laquelle il avoit auparavant introduit assez de menu plomb pour la faire aller à fond , & qu'on pouvoit suspendre par le moyen d'un crin , au fleau d'une balance. Pour trouver le poids d'un volume d'eau égal à celui de la bouteille considérée comme solide , il la faisoit d'abord entrer dans un verre fort étroit , & versoit par-dessus assez d'eau , pour ne faire que la couvrir : ensuite il la retiroit , & pesoit le verre & l'eau qu'il contenoit. L'ayant placé sur une table horizontale , & y ayant remis la bouteille , il colo-

Si on met dans un vaisseau deux Fluides de différente pesanteur, & incapables de se mêler l'un avec l'autre; qu'on y enfonce un solide d'une pesanteur moyenne, entre celle de ces deux Fluides: il ne pourra jamais rester entièrement plongé dans un des deux, & ne cessera de s'y mouvoir jusqu'à ce qu'il soit partie dans l'un, partie dans l'autre, en sorte que le poids du volume des deux Fluides dont il occupe la place, soit égal au sien.

un morceau de papier vis-à-vis l'endroit du verre où se terminoit la surface de l'eau, en sorte que le bord du papier parut précisément dans le même Plan; & se confondre avec la surface de l'eau. Alors retirant la bouteille, il versoit de l'eau dans le verre jusqu'à ce que sa surface fût aussi élevée que le bord du papier, comme on vient de dire; le volume de cette eau étoit donc égal à celui de la bouteille: il trouvoit son poids en repesant le verre, & en mettant un second poids capable de faire équilibre avec cette eau ajoutée. Enfin plongeant la bouteille dans l'eau par le moyen d'un crin attaché au fleau de la balance, & tirant de l'autre bassin le poids du volume d'eau égal à celui de la bouteille, & n'y laissant que l'excès du poids de la bouteille par-dessus celui de cet égal volume d'eau, la balance demouroit en équilibre; ce poids étoit donc la juste mesure de la force avec laquelle la bouteille s'enfonçoit.

La force avec laquelle s'élève une bulle de verre mince, ou quelque autre corps plus léger que l'eau, peut se déterminer par le moyen d'une balance renversée mise au fond d'une cuvette, (comme la Figure 16. représente) car ayant trouvé le poids du volume d'eau égal à celui de cette bulle de verre, (en la plongeant entièrement dans l'eau

## 74 LEÇONS DE PHYSIQUE

Si on vouloit sçavoir dans quelle proportion seroient les parties plongées dans chacun de ces Fluides , c'est-à-dire , dans quelle raison leur commune surface diviserait le solide ; on trouveroit , que la partie contenuë dans le Fluide plus pesant , seroit à la partie contenuë dans le plus léger , comme la différence en poids entre le solide & un égal volume du plus léger , est à la différence aussi en poids entre le solide & un égal volume du plus pesant : ou bien que la partie plongée dans le plus pesant , seroit au tout , comme la différence en poids du solide &

dans un verre étroit , comme on a fait tout-à-l'heure ) aussi bien que l'excès du poids de ce volume d'eau par-dessus celui de la bulle ; si l'on attache cette bulle par un crin au bras de la balance renversée , & qu'on joigne l'autre bras à celui d'une balance ordinaire , par le moyen d'un semblable crin : qu'on mette ensuite dans le bassin de cette seconde balance l'excès du poids qu'on vient de trouver , il y aura équilibre , & cet excès sera la force avec laquelle la bulle tend à s'élever au-dessus de la surface de l'eau.

Pour prouver qu'une quantité de Fluide égale en volume à la partie plongée d'un solide qui flotte , pèse précisément autant que le solide tout entier ; il faut peser un grand verre presque plein d'eau , & faisant ensuite nager dedans un Gobelet plus petit , on marquera à l'extérieur du grand vase , l'endroit où la surface de l'eau se sera élevée ; retirant ensuite le petit verre , & remettant de l'eau dans le grand vase jusqu'à ce que la surface soit vis-à-vis la marque , on repesera le tout ; alors le petit verre ajouté dans l'autre bassin aux poids qui y étoient déjà , rétablira l'équilibre.

d'un égal volume du Fluide plus léger, est à une pareille différence entre des volumes égaux des deux Fluides (*a*).

D'où on peut corriger (si l'on veut une exactitude scrupuleuse) la petite erreur qui se trouve dans la règle d'*Archimedes*, qui dit, que *la partie plongée d'un corps solide est toujours au tout, comme la gravité spécifique du solide est à celle du Fluide*. Car puisque l'air est un Fluide pesant, quoiqu'il le soit moins qu'aucun autre, néanmoins en s'appuyant sur la partie supérieure du solide, il le fait enfoncer un peu plus profondément, que s'il n'y avoit pas d'air, comme la règle d'*Ar-*

(*a*) DEMONSTRATION. Soient *A* & *B* les parties du solide *A + B* contenues dans chacun des deux Fluides (Fig. 27.) soient aussi les pesanteurs spécifiques de ces deux Fluides, comme *a* & *b*; donc puisque la gravité absoluë ou le poids de chaque corps, est composée de sa grandeur & de sa gravité spécifique, le poids de la quantité du Fluide plus pesant de même volume que la partie *A*, sera *aA*, & celui de la quantité du Fluide plus léger du même volume que la partie *B*, sera *bB*, dont la somme est  $aA + bB = c \times A + B$ , supposant que *c* est la gravité spécifique du solide *A + B*; d'où on tire  $aA - cA = cB - bB$ , & par conséquent  $A : B :: c - b : a - c$ , & en ajoutant,  $A : A + B :: a - b : a - c$ .

## 76 LEÇONS DE PHYSIQUE

*Archimedes* le suppose. Tenant donc compte de cette pression de l'air, nous pouvons ainsi rectifier la proportion d'*Archimedes*, en disant, la partie plongée est au tout comme la différence en poids entre le solide, & un égal volume d'air est à la différence aussi en poids entre un égal volume du Fluide, & ce même volume d'air. En comparant ces deux regles ensemble, on trouve que la différence ne vaut pas la peine de s'y arrêter ; nous pouvons donc nous servir de l'ancienne, avec sûreté & sans aucun scrupule.

Il résulte de tout ce que je viens de dire, que si un corps solide est plongé dans un Fluide spécifiquement plus léger, il s'enfoncera jusqu'à ce qu'il arrive au fond, & que la force avec laquelle il descendra, fera égale à la différence entre son poids & celui d'un pareil volume de ce Fluide ; si ce Corps est spécifiquement plus léger que le Fluide, il s'élèvera constamment, jusqu'à ce que sa surface supérieure soit assez au-dessus de celle de l'eau, pour que son poids absolu



## EXPERIMENTALE. 77

Soit égal à celui du volume d'eau, dont la partie plongée occupe la place : & la force avec laquelle il s'élèvera , sera égale à la différence en poids entre le solide & son égal volume de Fluide.

Si un Corps est plongé dans deux Fluides contigus & de différentes pesanteurs , en sorte que celle de ce Corps soit moyenne entre celle des deux Fluides , il sera porté vers leur commune surface , & restera dans une position telle que les parties des deux Fluides dont il occupe la place , peseront autant que tout le solide. Enfin , si un Corps est aussi pesant que le Fluide dans lequel on le plonge , il restera dans l'endroit où on l'aura mis d'abord.

On voit ici clairement , la raison pour quoi on tire avec tant de facilité un seau d'eau dans un puits , & qu'on ne s'aperçoit de son poids que quand il est arrivé à la surface de l'eau. Par la même raison un seau plein de cire , qui est presque aussi pesante , ne seroit pas plus difficile à tirer , tant qu'il seroit sous l'eau : or on ne

## 78 LEÇONS DE PHYSIQUE

peut pas dire ici que la cire soit dans son propre élément , & par conséquent qu'elle ne peut pas peser.

Les Corps conservent à la vérité toute leur pesanteur quand ils sont plongés dans un Fluide , mais l'effet de cette pesanteur est détruit par la pression du Fluide , quelquefois en partie , & quelquefois entièrement , suivant que leur pesanteur est plus grande , égale , ou moindre , que celle d'un pareil volume de Fluide , qui est la mesure de la force qui s'oppose à leur descente.

On peut dire que la gravité des Corps plongés dans les Fluides , est de deux espèces ; l'une véritable & absolue , l'autre relative & apparente seulement. La gravité *absolue* est toute la force avec laquelle un Corps tend au centre de la terre ; la *relative* est seulement l'excès de gravité , par lequel un Corps a plus de tendance vers ce centre , que le Fluide qui l'environne. Les parties des Fluides & de tous les autres Corps pesent *en elles-mêmes* , si l'on entend la gravité dans le

premier sens : mais dans le dernier , les Fluides ne pesent point *en eux-mêmes*, c'est-à-dire, qu'étant comparés ensemble, aucune partie ne l'emporte sur les autres : car détruisant mutuellement leurs efforts, elles restent en la même place comme si elles étoient sans pesanteur : ainsi les Corps qui descendent ou montent dans l'eau par leur gravité , plus grande ou moindre que celle d'un égal volume d'eau , peuvent être censés avoir de la pesanteur ou de la légèreté , & cette pesanteur ou légèreté relative , est précisément l'excès ou le supplément, dont leur véritable pesanteur surpasse, ou est surpassée par celle de l'eau. Mais si la pesanteur de ces Corps n'excede pas celle de l'eau pour les faire descendre au fond, & qu'en même-temps celle de l'eau ne soit pas capable de les élever au-dessus de sa surface, on aura beau augmenter leur pesanteur réelle ou absolue , ils paroîtront toujours ne pas peser dans l'eau.

Nous pouvons encore ici résoudre une

## 80 LEÇONS DE PHYSIQUE

difficulté qu'on fait quelquefois contre la pesanteur des Fluides *en eux-mêmes* : si les Fluides, a-t'on dit, pesent dans leur *lieu naturel* un Corps plongé à différentes profondeurs, doit être d'autant plus pesant, qu'il est pressé par de plus grandes colonnes du même Fluide, ce qu'on ne voit pas arriver dans l'Expérience. Nous pouvons répondre qu'il y a, & doit y avoir par-tout le même poids relatif, quoi qu'à différentes profondeurs le Corps soit pressé par des colonnes de Fluides de différentes hauteurs ; car son poids absolu doit être par-tout le même, & le poids relatif est l'excès du poids absolu, par-dessus celui d'un égal volume d'eau ; donc si le poids de cet égal volume d'eau est toujours le même à toute sorte de profondeur, (comme il l'est certainement, dans les Fluides qui ne sont pas compressibles) cet excès, & par conséquent le poids relatif, sera aussi par-tout le même.

Si le Fluide est compressible comme l'air, & que la partie inférieure soit condensée

## EXPERIMENTALE. 81

Condensée par le poids de celle qui est au-dessus ; c'est une différence ; car alors le poids relatif d'un corps exposé à l'air dans le fond d'une vallée, sera moindre qu'au haut d'une montagne , puisqu'un égal volume d'air pèse plus au fond de la vallée qu'au haut de la montagne , & par conséquent approche plus , du poids absolu du Corps solide dans le premier cas , que dans le dernier. Par la même raison , si on pèse un Corps dans l'eau douce & dans l'eau salée , son poids sera moindre dans celle-ci , parce que la différence entre le poids absolu , & celui d'un égal volume d'eau de Mer, est moindre que celle qui est entre le même poids absolu , & celui d'un égal volume d'eau douce ; car l'eau de Mer pèse  $\frac{1}{12}$  ou  $\frac{1}{10}$  plus que l'eau douce.

Suivant la même explication , si on met en équilibre deux Corps de différentes gravités spécifiques , & par conséquent de différentes grandeurs, du plomb par exemple , & du cuivre , il faudra pour que l'équilibre se conserve , que le

## 82 LEÇONS DE PHYSIQUE

volume de cuivre soit plus grand que celui du plomb ; mettant donc deux morceaux de ces métaux en équilibre , dans les bassins d'une balance , si l'on plonge la balance dans l'eau , il s'en faudra bien que l'équilibre subsiste , & le plomb l'emportera de beaucoup ; car chacun perdant de son poids autant que pèse le volume d'eau qui lui répond , le cuivre perdra beaucoup plus que le plomb , puisque le volume d'eau qui répond au cuivre , est plus grand que celui qui répond au plomb. De même , si on met en équilibre deux Corps de différentes gravité spécifique quand l'air est très-leger , ils n'y feront plus quand l'air sera devenu plus pesant. C'est sur cette vérité qu'est fondé le Baroscope statique donné par M. Boyle dans les Transactions Philosophiques.

Les Physiciens du dernier siècle ont beaucoup admiré les Phœnomènes des bulles de verre , & des petites figures d'émail qui montent & descendent , de différentes manieres , dans un tuyau plein d'eau ; tout le secret consiste à presser

## EXPERIMENTALE 83

plus ou moins la vessie qui est liée au goulot du vaisseau (Fig. 28.) ou à procurer par le chaud & le froid, quelque altération dans le volume de ces petits solides : par cette altération ils deviennent tantôt plus pesants, & tantôt plus légers spécifiquement, que le volume du fluide dont ils occupent la place ; d'où s'ensuit par tout ce que nous venons de dire, qu'ils doivent quelquefois monter & quelquefois descendre avec une variété assez singulière. Ces petites bulles sont composées de trois différentes matières, sçavoir, de verre, qui est spécifiquement plus pesant que l'eau, d'air qui est plus léger, & d'eau qui l'est autant. Quand le composé de ces trois différentes substances est plus léger qu'un pareil volume d'eau, il surnage : mais s'il devient plus pesant que ce même volume d'eau, il coulera nécessairement à fond. Maintenant, quand la surface de l'eau dans laquelle on a mis ces bulles vient à être comprimée, par le moyen d'un poids ou autrement, com-

## 84 LEÇONS DE PHYSIQUE

me le verre est un corps qui résiste, & que l'eau est incompressible, l'air enfermé dans cette bulle souffrira tout l'effort, parce qu'il est Elastique & capable de compression ; il fera donc obligé de se retirer, & occupant moins d'espace qu'il ne faisoit auparavant, l'eau qui lui est contiguë entrera par le col de la bulle, & occupera la place qu'il vient d'abandonner ; mais comme elle est environ 850 fois plus pesante que l'air, la bulle deviendra par cette addition, spécifiquement plus pesante que l'eau qui l'environne, & par conséquent descendra.

Si on cesse de presser sur la surface de l'eau, l'air enfermé dans la bulle repoussant par son élasticité, l'eau qui l'avoit forcée, & la somme des Corps qui composent alors la bulle, devenant plus legere qu'un pareil volume d'eau, elle doit s'élever & surnager. La dilatation & la contraction de l'air enfermé, est donc la cause de ces changements ; quand cette dilatation & cette contraction sera occasionnée par quelque autre moyen que la compression



comme par les variations du chaud & du froid, l'effet sera toujours le même. En voila assez, je crois sur les bulles de verre, figure d'émail, &c.

J'ai promis au commencement de ce discours, de donner l'essentiel des propositions dont s'est servi *Archimedes*, pour déterminer quelle situation doit affecter un Corps flottant, voici à quoi cela se réduit. *Tout Corps flottant affecte une situation telle, que le centre de gravité de la partie plongée, soit perpendiculairement au-dessous du centre de celle qui ne l'est pas; le Corps ne s'arrêtera jamais, & ne cessera de balancer dans tout autre position.* Car si on imagine le Corps flottant coupé en deux par la surface du Fluide, on verra aisément que la partie plongée tendra à monter, & l'autre à descendre, chacune avec une force égale; or la partie plongée tend à monter par une perpendiculaire tirée de son centre de gravité, à la surface de l'eau, & la partie extérieure tend à descendre par une semblable perpendiculaire: donc à moins que ces deux perpen-

## 86 LEÇONS DE PHYSIQUE

diculaires ne se confondent, ou ce qui est la même chose, à moins que le centre de la partie plongée, ne soit directement au-dessous du centre de la partie extérieure, il n'y aura point d'obstacle à ces deux efforts, & le mouvement doit se perpétuer; par la même raison il continuera jusqu'à ce que le Corps ait acquis cette situation, & alors les effets étant égaux & les directions contraires, ces mouvements se détruiront mutuellement, d'où naîtra l'équilibre.

---

### CINQUIÈME LEÇON.

*Explication de la balance Hydrostatique; manière de s'en servir pour trouver la gravité spécifique de toute sorte de matières.*

**P**UISQUE les Corps montent ou descendent dans un Fluide; avec une force égale à la différence, entre leurs poids & celui d'un égal volume de ce Fluide: nous avons à présent un moyen sûr & facile de connoître la gravité spéci-

lique de tous les Corps généralement, tant solides que Fluides, & d'en déterminer exactement le rapport.

On dit qu'un Corps est spécifiquement plus pesant ou plus léger qu'un autre, quand étant tous deux d'égale grandeur, le poids de l'un excède, ou est excédé par celui de l'autre; ainsi la gravité spécifique du vif-argent, est environ 14 fois plus grande que celle de l'eau: parce que si nous prenons un égal volume de chacun, une pinte par exemple, la pinte de vif-argent pesera 14 fois autant que cette même mesure d'eau.

On a proposé plusieurs méthodes, & on en peut tous les jours inventer de nouvelles, pour connoître dans quelle raison les Corps diffèrent en gravité spécifique: cependant on a toujours préféré jusqu'ici la balance Hydrostatique, à cause de son exactitude & sa commodité. Il y a toute apparence qu'*Archimède* est le premier qui ait entrepris cet Ouvrage avec quelque succès, lorsqu'il s'agissoit de découvrir la friponnerie de

## 88 LEÇONS DE PHYSIQUE

l'Orfèvre, qui avoit allié la Couronne du Roi *Hieron* : & quoique le moyen dont il s'est servi, soit certainement bien inférieur à celui que nous proposons, (comme on en peut juger par ce qu'en dit *Vitruve*) néanmoins il fut si charmé d'en être venu à bout, que ne se contenant pas de joie, il sauta du bain comme un fou, & se mit à courir tout nud par les rues de Syracuse, en criant de toutes ses forces *εὐρηχα*, c'est-à-dire, *je le tiens*.

Je ne m'amuserai point à vous rapporter toutes les différentes méthodes qu'on a imaginées, pour déterminer les gravités spécifiques ; j'aime mieux aller droit à mon but, qui est de vous faire voir quels fruits nous pouvons tirer des vérités d'Hydrostatique, & quel rapport elles ont avec ce dont il s'agit à présent.

Premièrement donc, si on propose de découvrir dans quelle proportion sont les gravités spécifiques d'un solide & d'un Fluide, & que le solide soit le plus pesant & aille au fond, on le pesera d'a-

bord dans l'air, & ensuite dans le Fluide. Or suivant ce qui a déjà été prouvé, sa pesanteur dans le Fluide sera diminuée de ce qu'elle étoit dans l'air, précisément du poids d'un égal volume du Fluide : mais la gravité spécifique de celui-ci est à celle du solide, comme le poids absolu d'un égal volume de Fluide est au poids absolu du Corps solide ; donc la gravité spécifique du Fluide est à celle du solide, comme la différence en poids, du solide pesé dans l'air & dans l'eau, est au poids absolu du même solide pesé dans l'air. Si le Fluide est l'eau commune, & si sa gravité spécifique est exprimée par l'unité, ( comme on la suppose ordinairement pour plus grande commodité, ) on trouvera le nombre qui exprime la gravité spécifique du solide, en divisant son poids dans l'air, par la différence de sa pesanteur dans l'air & dans l'eau.

Un exemple nous éclaircira ceci. Supposé qu'un morceau de cuivre pèse 45 grains dans l'air, & 40 seulement dans

## 90 LEÇONS DE PHYSIQUE

l'eau, la différence 5, est donc le poids du volume d'eau égal au morceau de cuivre; par conséquent la pesanteur spécifique de l'eau est à celle de cuivre, comme 5 à 45. Si au lieu d'exprimer la gravité spécifique de l'eau par 5, on l'exprimoit par l'unité, pour trouver celle du cuivre, il faudroit diviser 45, son poids absolu dans l'air, par 5, différence de 45 à 40, c'est-à-dire de son poids dans l'air & du même dans l'eau, & le quotient 9, détermineroit la gravité spécifique du cuivre, par rapport à celle de l'eau exprimée par l'unité: car 5 est à 45, comme 1 est à 9.

Si le Corps dont on veut déterminer la gravité spécifique est plus léger que le Fluide, comme il ne sçauroit aller à fond, mais qu'au contraire, il est continuellement élevé à la surface; on peut découvrir par la balance composée, sa légèreté relative, ce qui est la même chose que la force avec laquelle il tend à monter.

On a démontré hier par une Expé-

rience faite avec la balance composée , que la force avec laquelle un Corps tend à monter , est égale à la différence en poids , entre ce Corps & un égal volume du Fluide qui l'environne ; donc le poids de cet égal volume de Fluide , est la somme de deux autres , dont l'un est le poids absolu du Corps dans l'air ; & l'autre est égal à la force avec laquelle il tend à monter ; or si l'on met celui-ci dans l'autre bassin de la balance composée , il tiendra le Corps en équilibre dans le Fluide ; d'où il suit que la gravité spécifique d'un Fluide est à celle d'un solide plus léger , comme la somme des deux poids dont je viens de parler , est à la gravité absolue du solide. Si le Fluide est de l'eau commune , & sa gravité spécifique exprimée par l'unité , il faudra diviser le poids absolu du solide , par la somme des poids dont je viens de parler , & le quotient de cette division sera la gravité spécifique du Corps qu'on cherche.

Soit, par exemple, un morceau d'Or

## 92 LEÇONS DE PHYSIQUE

me sec qui pèse 36 grains dans l'air: comme ce bois est spécifiquement plus léger que l'eau, il faudra pour le faire plonger tout-à-fait, ajouter quelque poids dans le bassin opposé de la balance supérieure: supposons ce poids de 24 grains, il est clair; ces 24 grains sont la différence entre le poids du morceau d'Orme, & celui de son pareil volume d'eau: ajoutant donc cette différence au moindre poids, savoir à celui de l'Orme qui est de 36 grains, la somme 60 grains sera le poids du pareil volume d'eau; donc la gravité spécifique de l'eau, est à celle de l'Orme, comme 60 à 36. Or si au lieu de 60 qui exprime la gravité spécifique de l'eau on supposoit l'unité, il faudroit diviser 36, poids absolu de l'Orme, dans l'air, par 60, somme des deux poids, & le quotient 0,6 exprimeroit la gravité spécifique du morceau d'Orme, celle de l'eau étant exprimée par l'unité.

Je ne sçai si on a jamais beaucoup pratiqué cette méthode, d'examiner les pesanteurs des Corps solides plus légers



Que les Fluides, aux quels on les compare ; il me paroît qu'on doit trouver beaucoup de difficultés dans l'exécution , à moins qu'on ne fasse l'Expérience avec un instrument très-parfait ; quoi qu'il en soit , il est certain que le calcul en est bien plus aisé que par la méthode suivante.

Il faut joindre au solide , plus léger que le Fluide auquel on le veut comparer , quelqu'autre Corps d'une pesanteur spécifique telle , que le composé des deux aille au fond : pesant ensuite séparément dans l'air, le Corps le plus lourd , & le composé des deux , & faisant la même chose dans l'eau ; voici comme on fera le calcul. Otez le poids du Corps le plus lourd , pesé seul dans le Fluide , de celui de ce même Corps pesé seul dans l'air , le reste sera le poids du volume de Fluide égal à ce Corps : de plus , ôtez le poids du composé , pesé dans le Fluide , du poids de ce même composé dans l'air , le reste sera la pesanteur du volume de Fluide égal au composé ; enfin ôtez le premier reste du second , la différence

## 94 LEÇONS DE PHYSIQUE

sera le poids du volume de Fluide égal au Corps le plus léger : or le poids de ce dernier volume de Fluide , sera au poids absolu du solide léger , comme la gravité spécifique du Fluide est à celle du solide ; & si on divise le nombre qui exprime la gravité du solide léger , par celui qui exprime celle du Fluide , le quotient exprimera la gravité spécifique du Corps léger , l'unité exprimant celle du Fluide.

Ainsi , si le morceau d'Orme pèse 15 grains dans l'air , & qu'on lui ait attaché pour le faire couler à fond , un morceau de cuivre qui pèse 18 grains dans l'air , & 16 dans l'eau ; le composé pesera donc 33 grains dans l'air : supposons que tout ne pèse plus que 6 grains dans l'eau ; si nous ôtons 16 , sçavoir le poids du cuivre dans l'eau , de 18 , poids du même dans l'air , nous aurons 2 pour première différence ; sçavoir pour le poids du volume d'eau égal au morceau de cuivre : pareillement ôtant 6 , le poids du composé dans l'eau , de 33 poids du même com-

## EXPERIMENTALE. 95

posé dans l'air, cette seconde différence 27, sera le poids du volume d'eau égal au composé : ôtant donc la première différence 2, de la seconde 27, sçavoir le poids du volume d'eau, égal au morceau de cuivre, de celui du volume d'eau égal au composé ; la différence 25 sera le poids du volume d'eau égal au morceau d'Orme, dont le poids absolu étoit 15 grains dans l'air ; donc la gravité spécifique de l'eau, est à celle de l'Orme, comme 25 à 15 ; or  $25. 15 :: 1. 0,6$  comme on le peut trouver par la règle de trois ; donc si l'on prend l'unité pour exprimer la gravité spécifique de l'eau comme dans cette proportion, en divisant le second terme par le premier, le quatrième ou le quotient, exprimera la gravité spécifique de l'Orme.

Ayant à ce que je crois, suffisamment expliqué la méthode de comparer les solides avec les Fluides, pour en déterminer les gravités spécifiques ; je vais donner à présent la maniere de comparer ensemble toute sorte de solides, com-

## 98 LEÇONS DE PHYSIQUE

me aussi toute sorte de Fluides : on compare les solides entr'eux, par l'intermède d'un Fluide, & la comparaison des Fluides se fait par le moyen d'un Corps solide. On peut cependant quelquefois peser un Fluide, de la même manière qu'un solide, sçavoir, en le tenant dans un Globelet de verre, & le plongeant dans un autre Fluide, pourvû qu'il ne s'y mêle pas aisément ; c'est ainsi, par exemple, qu'on peut commodément comparer le vis-argent avec de l'eau (a).

Supposé qu'on demande quel est le rapport de la gravité spécifique du cuivre & de l'Orme : comme ces deux solides ne sçauroient immédiatement se comparer par aucun moyen Hydrostatique, nous les comparons chacun avec l'eau,

(a) La Fig. 29. représente la balance Hydrostatique ; dont on se sert pour comparer les gravités spécifiques : on pèse les Corps dans l'air, & ensuite dans l'eau ; on les met quelquefois dans le petit seau de verre *a*, pour les peser dans l'eau, & alors on ne doit pas oublier de couler le Plateau *b*, sur le petit Plateau carré *c*, afin que le poids de ce Plateau, qui est égal à celui du volume d'eau, dont le seau occupe la place, puisse rétablir l'équilibre. On détermine les gravités spécifiques des Fluides par le moyen de la boule de verre *d*, comme il sera expliqué dans la suite de la Leçon.

## EXPERIMENTALE. 57

& ensuite nous trouvons que la gravité spécifique du cuivre est à celle de l'Orme, en raison composée de celle du cuivre & de l'Orme à celle de l'eau. Si le cuivre, par exemple, est à l'eau, comme 9 à 1, & l'eau à l'Orme, comme 1 à 0,6, le cuivre sera à l'Orme, comme 9 à 0,6 :: 90. 6 :: 15. 1.

Supposé encore qu'on veuille connaître la qualité d'une huile de vitriol achetée dans une boutique, & qu'on soupçonne n'être pas bien rectifiée; qu'on veuille sçavoir si sa gravité spécifique est à celle de l'eau, comme 17 à 10, ainsi qu'elle doit être quand elle est bien concentrée; si on trouve en la comparant avec la boule de verre, par la méthode que nous avons enseignée, que sa gravité est à celle du verre, comme 7 à 15, & celle de la même boule à celle de l'eau, comme 3 à 1; en composant les raisons de 7 à 15, & de 3 à 1, on verra que la gravité de notre huile est à celle de l'eau, comme 7 à 5 :: 14 à 10. au lieu qu'elle devroit être, comme 17 à 10.

G

## 98 LEÇONS DE PHYSIQUE

Cette méthode de comparer les Fluides est générale , & peut se pratiquer avec toute sorte de balance ; la nôtre a cela seulement de particulier , qu'elle abrége un peu l'opération ; je vais vous enseigner comme on s'en sert pour calculer. Vous vous souvenez bien que la boule de verre étoit plus pesante qu'un pareil volume d'eau , puisqu'elle alloit à fond : de plus , on a trouvé le rapport de son poids , à celui d'un égal volume d'eau , comme  $18 \frac{1}{2}$  à 10 ; or la meilleure huile de vitriol, qui de toutes les liqueurs, hormis le vif-argent , est la plus pesante, est à l'eau comme 17 à 10. Donc cette boule de verre peut servir pour examiner toutes les liqueurs moins pesantes que l'huile de vitriol. \* L'Excès du poids de la boule par-dessus celui d'un égal volume d'eau , étoit contrebalancé par un

\* L'Auteur emploie une boule de verre , parce que cette matiere étant moins dilatable par la chaleur , conserve mieux son volume que tout autre Corps ; cependant comme cette augmentation de volume est quelquefois assez sensible , on n'auroit rien à craindre de cet inconvénient, si on se sert de la petite bouteille de verre très-mince, & presque pleine de vif-argent. Fig. & Pl. 3.

## EXPERIMENTALE. 99

Poids qu'on avoit ajouté dans l'autre bassin de la balance, ce qui la faisoit demeurer en équilibre au milieu de l'eau; or concevons à présent cette boule ainsi en équilibre, comme si elle étoit réellement une quantité d'eau congelée dans la même forme; si à la place de l'eau qui environne cette partie congelée, nous substituons quelque autre liqueur de différente pesanteur, l'équilibre ne doit plus subsister: il faudra donc mettre des poids dans celui des bassins de la balance qui sera le plus foible, pour le rétablir.

Ces poids qu'il aura fallu ajouter dans la balance, seront la différence en gravité de deux quantités, l'une d'eau, l'autre, de la liqueur qu'on a voulu examiner, dont le volume est égal à celui de la boule de verre. Le poids de ce volume d'eau, dont la boule occupe la place, a été trouvé de 803 grains; si donc nous ajoutons à ce nombre, celui des grains qu'il aura fallu ajouter dans le bassin auquel la boule est attachée, ou si nous ôtons

## 100 LEÇONS DE PHYSIQUE

de 803 grains, le nombre de ceux qu'il aura fallu mettre dans le bassin opposé, le reste sera le poids du volume de Fluide égal à celui de la boule, & la gravité spécifique de l'eau sera pour lors à la gravité spécifique de ce Fluide, comme 803 est à ce reste. Enfin, si on divise ce même reste par 803, le quotient exprimera la gravité spécifique du Fluide, l'unité exprimant celle de l'eau.

Pour rendre ceci sensible par un exemple, supposons qu'on veuille sçavoir la gravité du Lait; plongeant dans cette liqueur, la boule telle qu'elle est attachée à la balance, nous trouvons, par exemple, qu'il faut mettre 28 grains dans le bassin auquel elle est suspendue, pour rétablir l'équilibre: ajoutant donc 28 grains à 803, la somme sera 831, & partant la gravité spécifique de l'eau sera à celle du Lait, comme 831 à 803; on peut ainsi comparer toute sorte de Corps de quelque espece qu'ils puissent être. Je pourrois ajouter d'autres méthodes Hydrostatiques pour parvenir au même but;



mais celle que je viens de donner suffit, & paroît sans contredit la meilleure.

Cependant je ne sçaurois me dispenser de parler d'un autre moyen d'examiner les gravités des Fluides, qui est d'un grand usage dans bien des occasions; il est fondé sur ce que, si on fait flotter successivement un même Corps, dans plusieurs Fluides de différentes pesanteurs, la pesanteur spécifique du plus léger, sera à celle du plus pesant, comme la partie du Corps enfoncée dans le plus pesant, est à la partie enfoncée dans le plus léger; car puisque les volumes de chacun de ces Fluides, qui répondent respectivement aux parties plongées du solide, ont, quoiqu'ils soient inégaux, le même poids absolu que tout le solide; ces mêmes volumes auront aussi un égal poids absolu, par conséquent leurs gravités spécifiques feront réciproquement comme leurs grandeurs, ou ce qui est la même chose, réciproquement comme les parties plongées du solide.

Si donc on peut avoir un Corps régu-

lier, dont on puisse exactement mesurer les parties plongées, cette méthode sera assez expéditive ; ainsi on estimera fort promptement la gravité d'un Fluide par une échelle de parties, prises en progression Arithmétique, appliquée au côté du Cylindre, ou mieux encore par une autre échelle divisée Harmoniquement par quelque moyen, qu'il seroit trop long de décrire ; car si on vouloit faire exprès un Cylindre parfait, & par-tout également pesant, on y trouveroit beaucoup plus de difficulté qu'on ne s'imagine. Cependant dans quelques occasions, cette méthode peut-être d'un excellent usage : Par exemple, ce moyen nous fait connoître si une liqueur est naturelle, de bonne qualité, & si elle a la pesanteur qu'elle doit avoir (c'est ce dont les Chymistes ont souvent besoin) on se sert pour cela d'une boule de verre vuide, qui porte une petite rige, ou tuyau disposé de manière, que quand la boule est plongée dans quelque liqueur, cette rige reste droite au-dessus la surface. On plon-

gé cet instrument dans d'autres liqueurs, qu'on sçait, par d'autres moyens, être très-bonnes dans leurs especes, & on fait des marques sur la tige, qui font voir les différents degrés d'immersion dans ces différentes liqueurs. Quand on en veut examiner quelqu'une, comme l'huile de Tartre par défaillance, il faut remarquer à quel endroit de la Tige, répond la surface de la liqueur, si elle est plus élevée que la marque qu'on avoit faite pour de bonne huile : on concluë qu'elle n'a pas la gravité qu'elle doit avoir, & par conséquent qu'elle est falsifiée avec de l'eau ; mais au contraire, si elle ne s'enfonce pas dans l'esprit de vin jusqu'à sa marque, on concluë que l'esprit de vin est trop pesant, & par conséquent qu'il n'est pas assez rectifié.

Le même instrument en changeant ce qui convient, peut servir à examiner si les solides, ont une pesanteur conforme à celle de l'Etalon de leur espece. On peut voir la description de cet instrument publiée par M. Boyle, dans

les Transactions Philosophiques. (a)

Malgré tout ce que je viens de dire sur ce sujet, il peut encore se rencontrer quelques difficultés : il peut arriver, par exemple, que le Corps qu'on veut examiner, consiste en de petits fragments, qu'il soit réduit en poudre, ou sujet à s'imbiber de l'eau dans laquelle on le pese, ou enfin qu'il soit dissoluble dans l'eau ; s'il est composé de petits morceaux, ou s'il est en poudre, il faut se servir d'un petit seau de verre, ce qu'on n'est pas obligé de faire, quand le Corps qu'on veut peser est entier & d'une grandeur convenable. Dans ce dernier cas, nous pouvons nous servir d'une balance ordinaire, y suspendre le Corps par un crin (qui est de même pesanteur spécifique que l'eau,) & le peser dans l'air & ensuite dans l'eau. Mais quand ce moyen est impraticable, il faut mettre une quantité raisonnable de petits fragments, ou de poudre dans le petit seau

(a) Voyez les Transactions Philosophiques, N.º 384  
p. 413.

de verre , & en trouver premierement le poids dans l'air , & avant que de le peser dans l'eau , il faut l'en imbiber peu à peu , & parfaitement , afin que l'eau s'insinuant entre les parties de ces poudres , en chasse les petites bulles d'air , qui ne manqueroient pas , si on les laissoit , de produire un inconvenient , sçavoir , d'élever & de soutenir les petits fragments , & autres corpuscules , & par conséquent faire manquer l'Expérience. Si c'est une poudre qu'on veut peser , à moins qu'elle n'ait été auparavant parfaitement imbibée , & dégagée de toutes les parties aériennes , en un mot , réduite en une espece de bouë , il est à craindre que les parties de cette poudre ne sortent du vaisseau quand il sera sous l'eau , qu'elles ne se dissipent , & par-là ne diminuent d'autant , le véritable poids que la poudre devoit avoir.

Si le Corps qu'on veut peser est capable de s'imbiber trop facilement , on peut le mêler avec de la cire fonduë ; en ce cas , il faudroit calculer par la mé-

thode que j'ai donnée ci-devant , pour déterminer la gravité des Corps spécifiquement plus légers que l'eau , ou que les Fluides dans lesquels on les pèse , en leur ajoutant un Corps plus pesant ; & comme alors nous avons pesé le Corps le plus pesant dans l'air , & ensuite dans l'eau , & de même du composé , aussi faudra-t'il ici peser successivement la cire dans l'air & dans l'eau , & repeser ensuite le composé de la même manière. Enfin , si le Corps est dissoluble dans l'eau , on peut le peser dans quelque liqueur qui ne le dissolve pas.

● *M. Boyle* observe à cette occasion , que tous les Fluides que nous avons sous la main , excepté le vif-argent , sont ou aqueux , ou huileux , & que la plupart des Corps dont nous pouvons faire la dissolution dans des liqueurs de la première espèce , ne peuvent , ( au moins sensiblement ) se dissoudre dans celles de la dernière ; il présume de-là , qu'il vaut mieux peser les Corps salins , tels que l'alun , le vitriol , le sel gemme ,

le borax , le sublimé & autres , dans des liqueurs huileuses , & parmi ces liqueurs il préfère pour plusieurs raisons l'huile de Terebenthine ; or si nous adoptons ce choix , quand nous aurons déterminé le rapport de la gravité du Corps solide , à celle de cette huile , & trouvé par le moyen que nous avons enseigné , le rapport de la gravité de cette huile à celle de l'eau ; en composant ces deux raisons , nous connoîtrons la gravité spécifique du solide ; par rapport à celle de l'eau.

Ceux qui font ces sortes de recherches , comparent aujourd'hui tous les Corps avec l'eau commune dont ils expriment la gravité spécifique par l'unité. On peut objecter qu'il n'est pas possible de déterminer le rapport de la gravité d'un solide , à celle de l'eau en général , mais seulement à l'espece d'eau dont on s'est servi , parce qu'il peut y avoir une grande différence entre toutes les liqueurs qu'on appelle *Eau commune*. M. Boyle nous a ménagé une ré-

ponse à cette Objection , que je vais vous rapporter dans ses propres termes.

„ Ayant eu , dit-il , plusieurs fois l'oc-  
„ casion aussi-bien que la curiosité d'exa-  
„ miner le poids des différentes eaux , &  
„ en ayant ramassé quelques unes des Pais  
„ les plus éloignés les uns des autres.  
„ J'ai trouvé la différence de leurs gra-  
„ vités beaucoup plus petite , que je ne  
„ m'y étois attendu ; si je m'en souviens  
„ bien , celle des eaux dont on auroit at-  
„ tendu la plus grande différence , étoit  
„ seulement d'une millième partie , &  
„ peut - être quelquefois moindre. Fort  
„ souvent je ne trouvois aucune différen-  
„ ce sensible entre les eaux de différen-  
„ tes especes , comme l'eau de fontaine ,  
„ l'eau de riviere , l'eau de pluie , l'eau  
„ de neige , quoique cette derniere soit un  
„ peu plus legere que les autres. Et ayant  
„ fait venir en Angleterre quelques eaux  
„ Etrangeres , entr'autres de l'eau du Gan-  
„ ge , que quelques voyageurs assurent  
„ être d'un cinquième plus legere que la  
„ nôtre ; je l'ai presque pas trouvée dif-



férente de nos eaux communes. , \*

On pourra encore objecter, que nous prenons le poids que les Corps ont dans l'air, pour leur poids absolu; au lieu que ce poids absolu, est celui qu'ils auroient dans le vuide.

J'accorde que tous les Corps pesent moins dans l'air que dans le vuide, où se doit prendre leur pesanteur absolue; mais si nous considérons que cette diminution du poids absolu, est seulement d'environ la milliême partie dans beaucoup de Corps, & beaucoup moindre dans les métaux qui sont le genre de Corps le plus pesant; cette Objection s'évanouit.

Si on veut cependant être plus exact qu'il n'est besoin dans une matière qui n'exige pas cette grande précision dans bien des cas, on peut ajouter le nombre

\* Je crois qu'on ne doit pas trop compter sur cette remarque de M. Boyle; car outre qu'il cite cette Observation de mémoire, M. de Buffon de l'Académie Royale des Sciences, a observé des différences considérables dans les eaux qu'il a eu occasion d'examiner; peut-être les Expériences de M. Boyle n'ont-elles pas été faites le Thermomètre à la main, comme il est absolument nécessaire qu'elles le soient.

## 116 LEÇONS DE PHYSIQUE

qui exprime la gravité spécifique de l'air ; à tous ceux qui composent la table des gravités des autres Corps ; par-là on corrigera toute l'erreur qu'on auroit lieu d'appréhender.

Quoique ce moyen d'examiner les gravités des Corps par les voies Hydrostatiques soit préférable à tout autre, il n'est pas cependant exempt de toute incertitude, les Corps quoique du même genre & du même nom, n'ont pas toujours précisément la même pesanteur, ce qui produira quelques petites erreurs : erreurs cependant inévitables dans les Expériences de Physique, même faites avec le plus grand soin.

Quand on pèse quelque chose dans l'eau ou dans quelqu'autre liquide, il faut avoir grand soin qu'aucune partie de ce qu'on pèse, ne touche le fond ni les côtés du vase, qu'il ne s'y attache aucune bulle d'air qui puisse l'élever, que la balance ne soit point mouillée ; enfin il y a d'autres précautions que l'exercice enseignera.

SIXIÈME LEÇON.

*Maniere de se servir de la balance Hydrostatique pour déterminer les gravités spécifiques : Différens usages de ces sortes de recherches.*

**O**N peut bien s'attendre, qu'après m'être arrêté si longtems à expliquer la nature & l'usage de la balance Hydrostatique, je dirai aussi quelque chose des avantages qu'on peut retirer de ces sortes d'Expériences. Pour traiter ce sujet dans toute son étendue, il nous faudroit plus de temps, que nous n'y en pouvons employer. On peut lire là-dessus des Livres entiers, de *Gerhald*, de *M. Boyle* & d'autres, qui ont cependant encore laissé bien des choses appartenantes à cet objet.

Pour peu qu'on sçache de Physique, on sent parfaitement de quelle importance il est de sçavoir comparer les Corps par rapport à leurs grandeurs, densités & quantités de matiere; or c'est ce qu'on peut faire aisément par le moyen de l'inf-

## 112 LEÇONS DE PHYSIQUE

trument dont nous avons enseigné l'usage ; car la densité de chaque Corps , est comme sa gravité spécifique ; & sa quantité de matiere , est comme son poids absolu : donc quelque comparaison que nous fassions des grandeurs , gravités spécifiques & poids absolus , la comparaison sera également bonne pour les grandeurs , densités & quantités de matiere. D'où notre illustre M. *Newton* a conclu que l'eau a 40 fois plus de pores que de parties solides , & que les forces des Corps pour rompre & réfléchir la lumière , sont à peu près proportionnelles à leur densité , excepté que les Corps huileux & sulfureux la rompent davantage , que d'autres de même densité. Il est inutile de rassembler ici tous les exemples qu'on peut produire , pour preuve de ce que j'avance ; ils ne peuvent échaper aux personnes judicieuses : mais quoi qu'il soit impossible de rapporter tous les usages dont peuvent être ces sortes de comparaison , j'en vais cependant donner quelques exemples qui pourront servir de re-

gles, & faire voir, comment deux de ces trois choses étant données, sçavoir la grandeur, la gravité spécifique, & le poids absolu, on peut toujours facilement trouver l'autre ; ainsi nous allons enrichir la Géométrie, & nous mettre en état de mesurer un Corps quelque irrégulier qu'il soit, par le moyen de sa gravité spécifique, & de son poids absolu : nous pouvons aussi par le même moyen perfectionner la statique, & découvrir le poids d'un Corps quelque grand qu'il puisse être, en le considérant comme un tout résultant de sa grandeur, & de la gravité spécifique des matieres qui le composent. Je ferai voir ensuite comment on peut découvrir, dans quelle proportion sont les parties d'un mélange, comme de l'Or & de l'Argent, dans un alliage ; enfin, je donnerai quelques exemples des avantages que peuvent retirer de cette sorte de recherche, les Medecins, les Chymistes Apoticaire, Jouailliers, Orfèvres & autres, que cette méthode met en état de juger, si les matériaux dont

ils font usage ont les qualités qui leur conviennent.

Quand on veut déterminer quelqu'une de ces trois choses, *grandeur, gravité spécifique ou poids absolu*, les deux autres étant données, voici les règles qu'il faut suivre.

I. Si les Corps comparés sont d'égale grandeur, leurs poids absolus seront comme leur gravité spécifique ;

II. S'ils sont de même gravité spécifique, leurs poids absolus seront comme leur grandeur.

III. Si les poids absolus sont égaux, les grandeurs seront réciproquement, comme les gravités spécifiques.

D'où l'on voit, que si les Corps comparés diffèrent en grandeur, gravité spécifique, & poids absolu, alors ;

IV. Leurs poids absolus seront en raison composée de leur gravité spécifique, & de leur grandeur.

V. Les gravités spécifiques, en raison composée de la raison directe des poids absolus, & de l'inverse des grandeurs.

VI. Enfin, leurs grandeurs seront en

## EXPERIMENTALE. 115

raison composée de la raison directe des poids absolus, & de l'inverse des gravités spécifiques.

On doit connoître exactement d'ailleurs, le poids de quelque Corps d'une certaine grandeur déterminée, pour en comparer promptement la gravité spécifique, avec celle de tout autre. J'ai choisi l'eau par exemple; or le poids d'un pied cubique d'eau est précisément de 1000 onces de la livre *aver du poids*, comme je l'ai déterminé, en comparant toutes les Expériences qu'on a faites sur le même sujet, je l'ai trouvé quelquefois plus grand, quelquefois moindre, mais la différence a toujours été peu considérable. Il s'est rencontré très-heureusement, (& c'est une grande commodité dans le calcul) qu'un pied cubique d'eau, avec quoi l'on compare aisément tous les Corps, & dont la gravité spécifique peut s'exprimer par l'unité; il s'est, dis-je, rencontré très-heureusement, qu'un pied cubique d'eau s'est trouvé peser un nombre rond, tel que 1000 onces.

## 116 LEÇONS DE PHYSIQUE

Nous avons encore un autre avantage en exprimant ainsi le poids par onces, c'est que nous pouvons réduire nos résultats en d'autres poids anciens & modernes; car il est assez démontré que l'once Romaine, tant ancienne que moderne, n'est pas sensiblement différente de notre once *aver du poids*; & il est très-facile de rapporter aux poids Romains, tous les autres poids, tant anciens que modernes. \*

Notre once *aver du poids*, contient  $437\frac{1}{2}$  grains de la livre de *Troye*, & notre livre *aver du poids*, contient 7000 grains de *Troye*; de sorte que l'once de la livre *aver du poids*, est à celle de *Troye* à peu près, comme 51 à 56, & la livre *aver du poids*, est à celle de *Troye*, comme 17 à 14; il nous est donc facile de réduire un de ces poids en valeur de l'autre, par le moyen d'une de ces proportions.

\* La livre de Paris est de 9216 grains, & la livre Romaine est de 6276 grains; la livre Romaine est de 12 onces, & l'once Romaine est à celle de Paris, comme 12 est à 13, à très-peu de chose près.



L'Expérience nous ayant donc appris, qu'un pied cubique d'eau pèse 1000 onces *aver du poids*, nous pouvons abréger & faciliter les regles que nous venons de donner en termes généraux, & en proportions composées : & leur substituer les suivantes dans la pratique. Celles-ci supposent que les gravités spécifiques des Corps sont exprimées par une échelle de parties, dont 1000 représentent celle de l'eau, leurs poids absolus étant désignés par des nombres & parties d'onces *aver du poids* ; & leurs grandeurs par des nombres & parties de pouces cubiques.

I. Le poids absolu d'un Corps est égal au produit de sa grandeur, par sa gravité spécifique.

II. Sa gravité spécifique est égale au quotient de son poids absolu, divisé par sa grandeur.

III. Sa grandeur est égale au quotient de son poids absolu, divisé par sa gravité spécifique.

Ces regles suffisent, & sont faciles à

## 118 LEÇONS DE PHYSIQUE

pratiquer, j'en vais faire l'application.

Supposons un Architecte qui ait une Eglise à bâtir, & qui veuille sçavoir auparavant combien il faudra de plomb pour la couvrir afin d'en calculer la dépense; il sçait par ses dévis que la surface de la couverture sera de 30000 pieds quarrés; il sçait aussi par Expérience, que l'épaisseur de la couverture sera suffisante de  $\frac{1}{100}$  de pied; multipliant donc 30000 par  $\frac{1}{100}$ , ou divisant par 100; la quantité de plomb dont on cherche le poids, sera de 300 pieds cubiques. On a trouvé par Expérience, que la gravité spécifique de l'eau étant 1,000, celle du plomb sera 11,325, multipliant donc par la première règle 11,325, nombre qui exprime la gravité spécifique du plomb, par 300, sa grandeur, le produit 3397500, sera le nombre d'onces que peseront les 300 pieds cubiques; & comme il y a 35840 onces dans la barrique, en divisant le produit par ce dernier nombre, le quotient sera le nombre des barriques, c'est-à-dire environ 94 barriques  $\frac{1}{2}$ .

## EXPERIMENTALE. 119

Soit, pour exemple, de la seconde règle un parallélépipède de Marbre fin poli, de 4 pieds cubiques, & qui pèse 6 quintaux, & 3 livres, dont on veuille savoir la gravité spécifique: un quintal étant 12 livres, six quintaux & 3 livres, seront 675 liv. qui étant multipliés par 16, font 10800 onces; or suivant la seconde règle, si nous divisons le poids du Marbre par 4, sa grandeur, le quotient 2,700 sera la gravité spécifique du Marbre, 1,000 exprimant celle de l'eau. C'est ainsi qu'on peut trouver les gravités spécifiques sans aucun moyen Hydrostatique; mais comme cette méthode ne peut se pratiquer que rarement, à cause des figures irrégulières de la plupart des Corps que nous avons occasion d'examiner, elle n'est jamais si exacte que la méthode Hydrostatique que nous avons donnée ci-devant.

La troisième règle est d'un usage admirable pour mesurer un Corps, quelque irrégulier qu'il puisse être: connoissant, comme nous le pouvons facilement, sa

gravité tant absolue, que spécifique.

Soient proposés plusieurs fragments de Corail, dont nous trouvons dans la table la gravité spécifique de 2,690, & qui pèsent 7 onces; divisant par la troisième règle, le poids absolu 7 par la gravité spécifique 2,690, le quotient sera la grandeur de tous les fragments; sçavoir  $\frac{26}{10000}$  de pied cubique, ce qui étant réduit en pouces cubiques, sçavoir en multipliant cette fraction par 1728, (nombre de pouces cubiques dans un pied) le produit  $4\frac{1}{2}$  pouces environ, fera la grandeur de tous les fragments proposés: ce qui est un moyen très-facile & très-sûr, de mesurer les Corps, lorsqu'on ne peut se servir des règles de la Géométrie.

Un autre usage que j'ai annoncé de ces sortes d'Expériences, c'est de faire connoître dans quelle proportion sont mêlés deux ingrédients dans une composition quelconque; les données nécessaires pour la solution, sont la gravité spécifique du composé & celle des composants: on peut les avoir par la balance.

Hydrostatique , elles suffisent avec l'analogie suivante.

*Comme la différence des gravités spécifiques du mélange & du plus léger ingrédient , est à la différence des gravités spécifiques du mélange & de l'ingrédient le plus pesant , ainsi la grandeur de celui-ci est à la grandeur du plus léger.* Or la grandeur du plus pesant multipliée par sa gravité spécifique , est à celle du plus léger multipliée pareillement par sa gravité spécifique , comme le poids absolu du plus pesant , est à celui du plus léger.

La raison de cette dernière règle est assez claire par tout ce que nous avons dit , & ceux qui sont en état d'entendre la démonstration de la première , peuvent bien la trouver par eux-mêmes , c'est pourquoi je continuerai. Prenons pour exemple la fameuse Couronne du Roi *Hiéron* ; supposé que la gravité spécifique de l'Or fourni à l'Orfèvre , fût comme 19 , celle de l'Argent allié avec l'Or comme 11 , enfin celle de la Couronne ainsi alliée comme 16 ; c'est assez de

## 122 LEÇONS DE PHYSIQUE

données pour établir notre proportion suivant la premiere regle.

Comme 5 la différence de 16 est à 11, c'est-à-dire de la gravité spécifique de l'alliage & de l'Argent, est à 3, différence de 19 à 16, sçavoir la gravité spécifique de l'alliage & de l'Or : ainsi la grandeur de l'Or est à celle de l'Argent ; d'où il est clair, que  $\frac{3}{11}$  de la Couronne sont d'Argent : or par la seconde regle, nous sçavons que comme 95, le produit de 5 par 19, sçavoir la grandeur par la gravité spécifique du plus pesant ingrédient, est à 33, le produit de 3 par 11, sçavoir la grandeur par la gravité spécifique du plus leger ingrédient, ainsi le poids du plus pesant qui est l'Or, est au poids de l'Argent ; d'où il est clair que de toute la Couronne  $\frac{33}{128}$ , c'est-à-dire un peu plus du quart est d'Argent, les circonstances étant réellement, comme nous les avons supposées (a).

(a) On peut ainsi trouver la regle dont il étoit question tout-à-l'heure. Soient *A* & *B* les grandeurs de l'Or & de l'Argent dans la Couronne respectivement, & *a*, *b*, leurs gravités spécifiques ; donc puisque la gra-

On peut ainsi examiner la finesse des monnoies , & la porportion des alliages sans aucune perte ; & ce qu'on a dit des métaux , peut s'appliquer à tout autre Corps , même aux Fluides , en prenant les précautions convenables.

Ce que j'avois à proposer en troisiéme & dernier lieu , étoit de donner quelques exemples de l'usage de ces sortes de recherches pour les Medecins , Chymistes , Apoticaire , Jouailliers , Orfèvres , &c. M. Boyle a traité amplement cette matiere , dans son excellent Livre , *Medicina Hydrostatica* ; je vais vous rapporter quelque chose de cet excellent Ouvrage , autant qu'il en faut pour encourager à le lire , & ne pas ennuyer ceux qui l'ont déjà lû.

Ayant observé dans son traité des pier-

rité absoluë ou le poids de chaque Corps , est composé de sa grandeur & de sa gravité spécifique , le poids absolu de l'or est  $aA$  , & celui de l'argent  $bB$  , & celui de la Couronne  $aA + bB = c \times A + B$  , supposant  $c$  = à la gravité spécifique du mélange : d'où on a  $aA - cA = cB - bB$  , & par conséquent  $c - b : a - c :: A : B$  , ce qui est la règle rapportée ci-dessus.

## 124 LEÇONS DE PHYSIQUE

res précieuses, qu'il étoit assez probable que presque toutes leurs propriétés venoient des différentes quantités de substances, minérales ou métalliques, qui dans leur état de fluidité ou de mollesse s'étoient incorporées avec les autres matières pierreuses, & s'étoient endurcies par la suite jusqu'à former les pierres précieuses; il a conjecturé que divers bols, argiles, especes de terre & beaucoup d'autres de minéraux qu'on ne regarde pas comme métalliques, enfin, qu'une infinité de pierres qu'on néglige ordinairement, comme n'ayant aucune beauté, pouvoient néanmoins avoir de très-grandes utilités dans la Medecine, & peut-être davantage que les pierres fines, à cause de la grande quantité de substances minérales ou métalliques, dont elles peuvent avoir été imprégnées, lorsque leurs principes n'étoient pas encore bien unis. Le moyen qu'il propose pour examiner les fossiles, est celui de leurs gravités spécifiques; car puisque la gravité spécifique de l'espece de pierre la plus pesan-



te & la plus homogène , est à celle de l'eau environ , comme  $2\frac{1}{2}$  est à 1 , & que l'étain le plus léger des métaux , est environ 7 fois plus pesant que l'eau : si la gravité spécifique d'une pierre se trouve excéder la proportion de  $2\frac{1}{2}$  à 1 , il y aura apparence qu'elle contient quelque matière étrangère & d'une nature métallique , ou au moins qu'elle est mêlée avec quelque Corps minéral plus pesant qu'une pierre ordinaire , & par conséquent peut bien être employée avec succès dans la Médecine. Il a éclairci ces conjectures par des Expériences qu'il a faites sur quelques substances dont on fait usage en Médecine , comme la *ierre hematite* , *lapis lazuli* ou l'azur , la *calamine* , dont il a déterminé le rapport des gravités spécifiques , à celle de l'eau respectivement , comme 415 , 300 , 493 ou 492. à 1.

Un second usage qu'il propose des recherches Hydrostatiques , c'est de découvrir , si un Corps proposé comme une pierre minérale , l'est effectivement ; ainsi

## 126 LEÇONS DE PHYSIQUE

dit-il, la pesanteur spécifique du corail que quelques-uns prennent pour une plante, d'autres pour un *lithodendron*, mais que beaucoup d'autres rangent parmi les pierres précieuses, est à celle de l'eau, comme 2,68 à 1, ce qui autorise la dernière opinion. De même, on a trouvé la pesanteur d'une perle 2,51; celle d'un calcul humain de 1,7; celle d'un bezoard de 1,5. D'où il croit que ces deux dernières doivent être distinguées des pierres ordinaires, comme étant beaucoup plus légères, ce qui les lui fait appeler pierres animales.

Un troisième usage est de découvrir le rapport ou la différence, entre deux Corps de même nom. Un quatrième usage est de distinguer les pierres véritables, d'avec les fausses, ce qui peut être d'une très-grande utilité aux Joyailliers. On découvre par-là les coraux factices, & les pierres fausses; on décide faux un bezoard, qui paroissoit très-beau & très-naturel, & qu'on estimoit d'un grand prix, quand on vient à le trouver aussi pesant

qu'une pierre minérale de la même grosseur , au lieu qu'il auroit dû se trouver de la moitié plus léger. De même on a trouvé le mercure quelquefois  $13\frac{1}{2}$  fois plus pesant que l'eau , & quelquefois un peu plus de 14 fois. D'où nous voyons comment il peut résulter une différence considérable dans la hauteur de deux Baromètres observés en même-temps , & dans le même endroit ; si le mercure de l'un n'est pas de même gravité spécifique que celui de l'autre , la différence peut bien monter quelquefois jusqu'à un pouce ; ceux donc qui publient des Observations du Baromètre , doivent déterminer & déclarer la gravité spécifique du mercure dont ils se sont servi. \* Enfin , on peut par cette méthode , juger de la bonté des matieres qui servent dans la Medecine , ce qui est d'un grand se-

\* La différence des hauteurs du Baromètre ne vient pas tant , à ce que je crois , du côté du mercure , que de l'exactitude avec laquelle on charge le tuyau , & sur-tout du diamètre de ce tuyau , car le mercure sera toujours d'autant moins élevé , que le tuyau sera plus capillaire. Dans les Baromètres chargés par le moyen du feu , le mercure est toujours plus élevé , que dans ceux qui sont faits suivant la méthode ordinaire.

cours aux Chymistes, Apoticaire, Droguistes & autres. Les Orfèvres en peuvent aussi tirer des lumières sur la finesse des métaux qu'ils travaillent, le marchand dans son choix de la poudre d'Or, & autres marchandises précieuses qui sont souvent contrefaites : le Mineur peut former son jugement sur les différentes substances qu'il rencontre dans les mines. Enfin, cet excellent Auteur nous fait voir, combien il estimoit cette méthode, par la manière dont il en parle.

„ Si-tôt que j'eus, dit-il, les moindres  
 „ principes d'Hydrostatique, je sentis  
 „ tout le prix de cette excellente méthode,  
 „ de, elle m'a souvent été plus utile  
 „ que je ne m'y ferois attendu, particulièrement  
 „ dans l'examen des métaux,  
 „ minéraux & autres matières Chymiques;  
 „ elle m'a servi à détromper bien  
 „ des Artistes, sur ce qu'ils appellent *Luna  
 „ fixa*, & autres précieux secrets qu'ils  
 „ croyoient posséder; elle m'a fait décider  
 „ de la bonté, fausseté, & degrés de richesses,  
 „ de plusieurs composés métalliques

liques dont la belle apparence m'au-  
roit au moins embarrassé.,,

---

---

SEPTIÈME LEÇON.

*Détail & explication des principaux Phénomènes  
de l'Expérience de Toricelli.*

**A**PRÈS l'exposition qu'on vient de  
vous faire des principaux Phœno-  
menes de l'Expérience de Toricelli (a),  
je n'ai pas besoin de faire un long dis-

(a) La Fig. 30. représente les principaux Phénomènes de l'Expérience de Toricelli. 1°. Si on emplit de vif-argent un tuyau de verre d'environ 3 pieds de long, fermé hermétiquement par une de ses extrémités, qu'on bouche l'autre orifice avec le doigt, & qu'en le renversant on plonge cet orifice dans une Cuvette qui contienne d'autre mercure; quand on viendra à ôter le doigt de dessus l'orifice, tout le vif-argent ne tombera pas dans la Cuvette, mais il en restera une partie dans le tuyau, en sorte que la hauteur perpendiculaire de cette colonne, sera de 27 à 28 pouces. 2°. Si le Tube est précisément de cette hauteur, ou plus court, il ne descendra pas du tout de mercure, mais le Tube restera tout plein. 3°. Si on fait la même Expérience avec plusieurs Tubes de différentes longueurs, figures, & capacités, & différemment inclinés: dans tous, la surface de la colonne de mercure sera toujours élevée au-dessus de celui de la Cuvette, précisément de la même hauteur de 27 ou 28 pouces; je dis précisément, pourvu cependant que le diamètre du Tube ne soit pas trop étroit, ou qu'on ait bien pris garde en l'emplissant, de chasser toutes les petites bulles d'air, qui auroient pu rester entre le mercure & le tuyau.

## 130 LEÇONS DE PHYSIQUE

cours, pour démontrer qu'ils dépendent de la pesanteur de l'air, la considération de ces Phœnomenes suffit presque seule pour vous convaincre de cette vérité. Supposons donc que ces choses nous sont

- \* On peut chasser ces bulles d'air par deux méthodes : par la plus ordinaire, on emplit de vif-argent presque tout le Tube, à la réserve d'un pouce environ qu'on laisse plein d'air ; on bouche avec le doigt l'orifice du tuyau, on le renverse, & en faisant promener la bulle, on lui fait entraîner avec elle toutes les petites bulles imperceptibles.

L'autre méthode consiste à faire chauffer un Tube presque plein, sur un brasier couvert de cendres, on tourne continuellement, & la chaleur rarefiant toutes les petites bulles d'air, les fait dégager & sortir par l'orifice. Cette dernière méthode est préférable à l'autre, outre que toutes les colonnes de mercure sont égales, elles sont toujours plus hautes que par la méthode ordinaire, cette différence est souvent d'un demi pouce.

Un tuyau ainsi rempli, & plongé dans une Cuvette pleine de vif-argent, fait un *Baromètre*, on l'applique sur une planche, & quand la hauteur de la colonne est précisément de 27 pouces, on tire une ligne de niveau vis-à-vis la surface du mercure de la Cuvette ; on fait une graduation de 30 pouces depuis cette ligne de niveau, & on divise exactement les six derniers pouces en lignes & demies lignes.

La hauteur de la colonne de mercure varie suivant l'état de l'Atmosphère, communément elle est de 27 pouces ; quelquefois de 26, & quelquefois de 28.

Comme la colonne ne sauroit monter d'un pouce dans le tuyau, sans que le vif-argent ne s'abaisse de quelque chose dans la Cuvette ; pour avoir la véritable hauteur, il faut une Cuvette fort large, ou se servir du calcul suivant.

Ayant divisé l'espace d'un demi pouce, en demies lignes & quarts de ligne, au-dessus & au-dessous de la ligne de niveau, la différence entre la surface du mercure de la Cuvette, & cette ligne de niveau, sera additive, quand le mercure montera au-dessus de 27 pouces, & soustractive quand elle descendra au-dessous.

## EXPERIMENTALE. 131

entièrement nouvelles , & laissant tout préjugé , voyons si un mûr examen des effets que nous venons de voir , ne suffit pas pour nous amener à la connoissance de leur cause.

Il paroît d'abord entièrement contraire aux loix d'Hydrostatique , que le vif-argent se tienne beaucoup plus élevé dans le Tube que dans la Cuvette ; car imaginant un plan horizontal , qui passe par l'orifice inférieur du Tube , au travers de toute la masse de vif-argent ; il est évident que la partie du plan qui est contiguë & directement placée sous cet orifice , soutient un plus grand poids de ce vif-argent , qu'aucune autre égale partie voisine de ce même plan ; or nous avons vu assez clairement la semaine dernière , que les Fluides ne peuvent jamais rester en équilibre , tant que d'égales parties d'un tel Plan sont inégalement pressées par ces Fluides , comme il arrive dans l'Expérience présente.

Donc nous devons nécessairement conclure que , ou le cours général de

## 132 LEÇONS DE PHYSIQUE

la nature est ici interrompu, & que ces Phœnomenes sont une espece de miracle, ou que chaque égale partie du Plan est également pressée, au contraire de ce qui paroïssoit d'abord. Mais s'il y a égalité de pression sur ce Plan, elle résulte, ou de quelque augmentation, là où il nous paroît y en avoir le moins, ou de quelque diminution, là où il nous paroît y en avoir davantage; ou enfin de ces deux moyens réunis ensemble; c'est-à-dire, qu'il devroit y avoir quelque pression que nous n'appercevons pas, jointe à celle du vif-argent de la Cuvette, ou quelque force invisible qui suspendroit le mercure dans le Tube, de façon qu'elle diminuât l'excès de sa pesanteur.

Examinons avec soin chacune de ces deux causes. Si l'égalité procède de quelque pression ajoutée à celle du vif-argent de la Cuvette, elle doit venir de quelque chose de contigu à sa surface; puis donc que l'air seul touche cette surface, il est démontré que la pression de l'air est la seule qui puisse être ajoutée à celle



du mercure de la Cuvette. La pression de l'air est donc une des causes qui peut produire cet effet, considérons l'autre à présent, & cherchons comment l'excès de la pression du vif-argent contenu dans le Tube peut être diminué; or je vous avouë que cette peine me paroît tout-à-fait inutile, car je ne sçaurois imaginer aucune explication satisfaisante, & qui puisse s'accorder avec les autres Phœnomenes de la nature.

*François Linus* a crû avoir démontré ce qui me paroît ici si difficile; je vais donc réfuter son sentiment, dont il ne sera peut-être pas inutile de vous donner quelque idée. Comme je n'ai pas le Livre de *Linus*, je ne sçaurois mieux vous faire connoître ses principes, que par ce qu'en dit le Dr *Power*.

I. Les Corps sont tellement inféparables les uns des autres, qu'il ne peut y avoir de vuide dans la nature.

II. La partie du Tube qui paroît vuide, est remplie par une espece de toile ou membrane invisible de vif-argent,

## 134 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ qui étant séparée de la superficie de la  
„ colonne , se subtilise & s'étend si fort ,  
„ qu'elle remplit tout l'espace qui nous pa-  
„ roît vuide,

„ III. Ce sont les filets de cette mem-  
„ brane dilatée , qui soutiennent la colom-  
„ ne de vif-argent dans le Tube , & l'em-  
„ pêchent de descendre dans la Cuvette.

„ IV. Ces petits filets sont extrêmement  
„ rarefiés & distendus par le poids du vif-  
„ argent qu'ils soutiennent , & lorsqu'on ôte  
„ la force qui les retient , ils se contrac-  
„ tent dans leurs premières dimensions ,  
„ & tirent ainsi toute sorte de Corps qu'ils  
„ entraînent avec eux , à peu près comme  
„ les écoulements d'un Corps électrique en-  
„ traînent en s'en allant des pailles , & au-  
„ tres Corps qu'ils sont capables de porter.

„ V. La faculté extensive de cette pel-  
„ licule de vif-argent n'est pas indéfinie ,  
„ elle a des limites au-delà desquels elle  
„ ne sçauroit plus s'étendre , & par con-  
„ séquent si le Tube est d'une hauteur consi-  
„ dérable , il se séparera plutôt du mercure  
„ une nouvelle pellicule qui s'étendra pour

suppléer au défaut de la première , & “  
ainsi une troisième , une quatrième , &c ; “  
jusqu’à ce que la colonne du mercure “  
n’ait plus que 28 ou 29 pouces où elle “  
restera suspendue , n’y ayant alors ni poids “  
ni puissance capable d’en faire séparer “  
une autre pellicule. „

Tels sont les principes , & afin que  
vous goûtiez mieux l’application qu’il en  
fait , voici comme il explique pourquoi  
le vif-argent ne descend pas du tout dans  
les tuyaux qui ont moins de 29 pouces :  
C’est , dit-il , parce que la surface supé- “  
rieure du mercure s’attache si étroite- “  
ment au haut du Tube , que le poids “  
de la colonne n’est pas suffisant pour “  
vaincre cette adhésion , & comme il n’y “  
a rien pour venir à la place du mercu- “  
re , s’il descendoit , il s’y attache forte- “  
ment pour qu’il n’y ait point de vuide. “

Dans les tuyaux plus longs , le mercure “  
descend jusqu’à ce qu’il n’ait plus que “  
29 pouces de hauteur , parce que , dit- “  
il , un plus grand poids de mercure est “  
capable de rompre cette adhérence ; “

## 136 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ d'où la surface supérieure est obligée de  
„ se séparer par lames, & de se dilater en  
„ une mince pellicule ou assemblage de fi-  
„ lets, ce qui supplée au vuide apparent. „

C'est ainsi, dit le Dr *Power*, que ne fai-  
fant qu'effleurer les Phœnomènes, il en  
donne les solutions, & explique les plus  
difficiles, sans le moindre embarras.

Telle est l'hypothese de *Linus*, le  
seul que je connoisse, qui prétende ex-  
pliquer notre Expérience par la diminu-  
tion de la pesanteur du vif-argent dans  
le Tube.

Nous avons donc suffisamment éta-  
bli que, ou la nature abandonne dans ce  
Phœnomene, les loix générales qu'elle  
s'est établie, ou qu'il y a quelque autre  
pression communiquée au vif-argent de  
la Cuvette, laquelle, comme je l'ai aussi  
prouvé, ne peut venir que de l'air con-  
tigu au mercure; ou bien enfin, que l'ex-  
cès de pression du vif-argent renfermé  
dans le Tube, est arrêté ou anéanti par  
quelque autre cause que je ne sçaurois  
découvrir.

Il n'est pas raisonnable de croire que la nature abandonnât ainsi ses loix ordinaires dans une occasion de si peu de conséquence.

Du moins sommes-nous certains, que rien ne nous autorise d'ailleurs à le soupçonner. Il est vrai qu'on a longtemps soutenu dans les Ecoles, que la nature doit tout faire pour prévenir le vuide, pour qui on lui suppose une aversion effroyable; mais ceux qui ont soutenu ce sentiment, ont dû entendre par le mot de *Nature* (s'ils y ont entendu quelque chose), ou l'Auteur de tous les Etres créés, ou les Créatures elles-mêmes; s'ils l'entendoient dans le premier sens, ils oppoient manifestement la science du Créateur à sa sagesse, en supposant qu'il a tellement disposé l'Univers, qu'il faille continuellement des miracles pour sa conservation; car nous pouvons par la présente Expérience, le mettre dans la nécessité d'empêcher le vuide à tout moment. Mais si par le mot de *Nature* ils entendoient les Créatures elles-mêmes,

### 138 LEÇONS DE PHYSIQUE

ils tomboient dans une autre absurdité ; en supposant la matiere assez intelligente pour agir d'elle-même , & parvenir à quelque fin déterminée. En voilà assez , je crois , pour vous faire connoître le ridicule de cette opinion de l'horreur du vuide.

Quand la longueur du tuyau est moindre que 29 ou 30 pouces , le mercure , comme nous avons vû , ne descend point du tout , & n'abandonne pas le haut du tuyau ; là on peut bien dire que la nature s'est écartée de ses loix ordinaires pour prévenir le vuide , pourquoi donc ne s'attache-t'elle pas également à l'éviter , quand le tuyau a plus de 30 pouces de long ? du moins doit-on dire que son pouvoir est retenu & borné par quelques loix déterminées. Il n'y a donc plus que deux moyens d'expliquer ce Phenomene , sçavoir , par la pression de l'air sur le mercure de la Cuvette , ou par quelque cause inconnuë qui diminue l'excès du poids du vif-argent dans le Tube , voyons lequel de ces deux moyens il faut

faire évanoûir , pour ſçavoir , enfin , à quoi nous devons nous en tenir.

Nous pouvons employer l'ingénieuſe Expérience de M. *Auxout* , comme déciſive dans cette occaſion : (a) nous allons d'abord faire attention à ce qui va arriver dans le Tuyau & la Cuvette ſu-

(a) L'inſtrument de l'Expérience de M. *Auxout* a pluſieurs parties : *ab* Fig. 31. eſt la Cuvette inférieure , *bc* le Tuyau inférieur , *cđhi* la Cuvette ſupérieure : le fond *e* de celle-ci , eſt introduit & cimenté dans un collet de cuivre fixé au Tuyau inférieur ; *efg* eſt un autre Tuyau qui paſſe auſſi au travers d'un collet de cuivre , & qui ſe viſſe à la Cuvette ſupérieure , ce Tuyau va preſque juſqu'au fond de cette Cuvette. Dans l'intérieur vers un des côtés , eſt un petit Tuyau recourbé *hi* qui communique avec le Tuyau inférieur *cb*.

A préſent , voici comme on fait l'Expérience ; on lie fortement à l'orifice du Tuyau d'en bas un morceau de veſſie mouillée , on verſe du viſ-argent plein ce Tuyau & la Cuvette d'en haut ; on emplit le Tuyau ſupérieur , ( on a dû emplier de même le Tuyau recourbé *hi* ) & on bouche pareillement l'orifice *g* avec de la veſſie mouillée.

L'inſtrument étant ainſi tout-à-fait rempli , & l'orifice *b* plongé dans la Cuvette *a* pleine de viſ-argent , ſi on pique la veſſie *b* , le viſ-argent du Tuyau ſupérieur deſcendra tout-à-fait , & ſe mettra de niveau avec celui de la Cuvette d'en haut , qui ſera auſſi deſcendu en partie ; celui du Tuyau d'en bas deſcendra en partie , & le reſte ſe tiendra à la hauteur ordinaire de 27 ou 28 pouces. Mais en déviſſant peu à peu le Tuyau ſupérieur pour laiſſer entrer l'air dans la Cuvette , le viſ-argent s'élèvera auſſi-tôt dans ce Tuyau ſupérieur juſqu'à la hauteur de 27 ou 28 pouces , tandis que celui du Tuyau inférieur deſcendra tout-à-fait dans la Cuvette d'en bas. Enfin piquant la veſſie du Tuyau d'en haut , le viſ-argent reſcendra juſqu'au niveau de celui de la Cuvette ſupérieure.

\* On peut voir la même Expérience à peu près , mais beaucoup plus ſimple dans le Livre de M. *Pascal*.

## 140 LEÇONS DE PHYSIQUE

périeure. Quand on a ouvert l'orifice du Tuyau inférieur, on a vû évidemment que le mercure de la Cuvette *dehi* n'a eu aucune communication avec l'air extérieur. Si donc l'élévation du mercure dans le Tuyau de *Toricelli* vient de la pression de l'air, comme il n'y en a point qui puisse presser ici le vif-argent de la Cuvette, il ne doit point rester suspendu dans le Tuyau supérieur, mais il doit tout descendre dans la Cuvette, c'est aussi ce qui arrive; mais si cette suspension du mercure dans le Tuyau de *Toricelli*, vient de quelque cause inconnuë qui diminuë le poids de la colonne renfermée dans le Tube, cette même cause doit produire son effet, & retenir le mercure suspendu dans l'Expérience présente, ce qui n'arrive pas.

Toutes les circonstances sont cependant ici les mêmes que dans l'Expérience de *Toricelli*, excepté qu'on a ôté la communication de l'air avec le mercure de la Cuvette supérieure.

Ayant donc vû dans cette Expérience



décisive, que le vif-argent ne s'est pas tenu élevé dans le Tuyau supérieur, comme dans le Tube de *Toricelli*, mais qu'il s'est abaissé jusqu'au niveau de celui de la Cuvette, nous en pouvons conclure avec assurance, que son élévation dans le Tuyau de *Toricelli* dépend uniquement de la pesanteur de l'air.

Pour confirmer cette vérité, souvenez-vous que quand on a introduit l'air peu à peu dans la Cuvette supérieure, en dévissant le collet, le mercure s'est aussitôt élevé dans le Tuyau supérieur jusqu'à la hauteur ordinaire de 28 pouces, & qu'en même-temps celui du Tuyau inférieur est descendu jusqu'au niveau de celui de la Cuvette; car alors nous avons permis à l'air de presser intérieurement sur le vif-argent du Tuyau inférieur avec autant de force, qu'il presse sur la surface de celui qui est dans la Cuvette, il ne subsistoit donc plus de raison pourquoi il seroit resté suspendu dans ce Tuyau, comme quand l'air pressoit seulement par dehors; donc &c. Nous aurons toujours do-

## 142 LEÇONS DE PHYSIQUE

ténavant de nouvelles preuves de cette pesanteur de l'air.

Expliquons à présent les différentes remarques qu'on a faites sur ces Expériences ; sçavoir que la hauteur perpendiculaire, du mercure dans le Tube, au-dessus de celui de la Cuvette, est constamment la même, quelles que soient la longueur, la largeur, la figure & la situation du Tube, & pour cela, retenons bien que la pression de l'air est cette force additive, qui fait équilibre avec le mercure du Tube, & par conséquent que la partie du Plan horizontal que l'on conçoit dans l'intérieur du Tube, est autant pressée par la colonne de vif-argent qui s'appuye dessus, qu'une égale partie du même Plan, par le poids de la colonne d'air qui lui est contiguë.

Or nous avons vu la semaine dernière, que les Fluides pressent un Plan en raison de leur hauteur perpendiculaire, que tant que cette hauteur demeure la même, la pression reste constamment aussi grande, quelque variation qui arrive,

dans la quantité de Fluide, dans la figure, ou dans l'inclinaison du vaisseau ; donc dans tous les cas de l'Expérience qu'on vous a faite aujourd'hui, la pression du vis-argent dans le Tube, quelque quantité qu'il y en ait, ou de quelque figure que soit ce Tube, est toujours égale à la pression de l'air, sur une égale portion de la surface du mercure de la Cuvette, parce que la hauteur perpendiculaire demeure toujours la même. L'élevation constante du mercure à cette hauteur, ne doit point servir d'objection contre ce que nous avons dit, sçavoir, que la pesanteur de l'air est la cause du Phénomene de *Toricelli*, puisqu'au contraire, nous voyons qu'elle en est une suite nécessaire.

Passons à présent aux Expériences qui nous déterminent la force capable de soutenir le Tube renversé (a).

(a) La Figure 32. représente un Tube de *Toricelli* plongé dans une Cuvette pleine de vis-argent, & suspendu au fléau d'une balance par le cordon a ; le Tube étant en Expérience, on l'a mis en équilibre, avec le bassin opposé d'une balance sous lequel on a placé une table, afin d'empêcher l'orifice du Tuyau de sortir du mercure pendant

## 144 LEÇONS DE PHYSIQUE

Nous avons observé que la force nécessaire pour faire équilibre , étoit à peu près égale au poids du Tube & du vif-argent qu'il contient , moins le poids de celui qui étoit contenu dans la partie du Tuyau plongée dans la Cuvette. Ce Phœnomene paroissoit d'abord contraire à ce que nous avons avancé jusqu'ici ; il paroissoit même favoriser le système des petits filets , comme aussi les défenseurs de ce système n'ont pas manqué de s'en servir ; car , disoient-ils , si la pression de l'air sur la surface du vif-argent dans la Cuvette , étoit la véritable cause de la suspension du mercure , on ne devroit point sentir à la main le poids du vif-argent , mais seulement celui du Tube , puisque l'air soutient ce vif-argent. Puis donc que le poids du vif-argent se fait

qu'on fait l'Expérience : tout étant en équilibre , on a bouché l'orifice du Tuyau avec le doigt , pour y conserver toute la colonne de mercure. L'ayant ensuite renversé & attaché à la balance , de manière que le bout scellé Hermétiquement trempât dans le vif-argent , comme faisoit l'autre auparavant , l'équilibre a subsisté.

La même chose arrive dans un Tuyau plus court , que 27 pouces.

Je crois cette Expérience du Docteur Vallis.

## EXPERIMENTALE. 145

Si bien sentir à la main dans cette Expérience, on peut soupçonner qu'il est suspendu & retenu au haut du Tuyau, par les petits cordonnets de *Linus*.

Mais remarquez bien que ce poids, qu'on croiroit d'abord être celui du vif-argent contenu dans le Tuyau, n'est pas réellement celui de ce vif-argent; car celui-ci est indubitablement soutenu par la pression de l'air: c'est plutôt le poids de la colonne d'air qui presse extérieurement la surface du Tube, & dont la pesanteur est aussi considérable que celle du vif-argent, ce qui fait croire d'abord que c'est son poids que l'on sent. En effet, le poids de cet air doit réellement se faire sentir à la main ou à la balance, puisqu'il n'y a rien qui lui est opposé, & n'en contrebalance l'effort, comme il arrivoit quand le Tube étoit vuide, car la colonne d'air qui soutient ici le mercure, étoit alors employée intérieurement à soutenir & à détruire l'effort de cette colonne extérieure.

Il y a eu autrefois plusieurs disputes

K

## 146 LEÇONS DE PHYSIQUE

assez vives , quoiqu'assez inutiles , sur l'espace qui paroît vuide au - dessus de la colonne de mercure dans le Tube de *Toricelli* ; quelques-uns soutenoient qu'il étoit absolument vuide , les autres au contraire , nioient l'existence d'un tel Etre dans la nature ; la matiere subtile est la réponse éternelle de ces derniers , elle leur sert à lever toutes les difficultés , & ils l'employent de mille manieres suivant qu'ils en ont besoin. Ce que nous pouvons assurer & qui nous suffit , c'est que si cet espace n'est pas entièrement vuide d'air , tel que nous le respirons , du moins nous le paroît-il : on peut s'en convaincre en inclinant le Tube , car le vif-argent remplira tout l'espace qu'il avoit abandonné , ce qu'il ne pourroit faire s'il y avoit de l'air dans cet espace. A la vérité , on apperçoit quelquefois de petites bulles d'air qui se glissent toujours , quelque précaution qu'on prenne ; mais la quantité en est ordinairement si petite , qu'elle ne mérite pas qu'on y fasse attention.

HUITIÈME LEÇON.

*Expérience de M. Pascal, à l'imitation de celle de Toricelli; autres Expériences de même nature, avec différents Fluides combinés ensemble : la pression de l'air varie suivant les différentes distances de la surface de la Terre.*

**J**E vous ai ménagé le plaisir de voir cette merveilleuse Expérience de M. *Pascal*, plutôt comme une curiosité, que comme quelque chose dont nous ayons absolument affaire; car puisque la pression de l'air a bien pû soutenir le mercure, dans le Tube de *Toricelli*, à la hauteur de 29 ou 30 pouces, comme on vous l'a fait voir, nous pourrions, sans en faire l'Expérience, conclure avec certitude, que cette même pression de l'air est capable de soutenir l'eau dans le Tube de M. *Pascal*, à une hauteur 14 fois plus grande, c'est-à-dire, d'environ 34 pieds. En effet, puisque le vif-argent pèse, (comme nous avons trouvé par la balance Hydrostatique) 14 fois plus que

## 148 LEÇONS DE PHYSIQUE

l'eau commune, la hauteur de l'eau nécessaire pour contrebalancer la pression de l'air, doit être environ 14 fois aussi grande que celle du vif-argent : mais un fait est toujours plus convainquant qu'un raisonnement, quelque solide qu'il soit, & ce que nous voyons de nos yeux nous frappe & nous satisfait davantage, que le recit de ce qu'ont fait les autres ; on va donc vous répéter cette fameuse Expérience, que quelques personnes ont faite depuis avec le même succès, ce qui n'est cependant pas arrivé bien souvent à cause de la dépense, de l'embarras, & des autres difficultés qu'on y trouve.

L'habile Physicien, le Révérend Pere Gaspard Schott, Jésuite, rapporte dans sa *Technica curiosa*, une lettre de M. Roberval, sur les motifs qui ont porté M. Pascal à faire cette belle Expérience. Il est dit dans cette lettre que M. Pascal la fit pour la première fois à Rouën, en Normandie, avec de l'eau & du vin, dans des Tubes de verre de 40 pieds de long, qu'il avoit fait attacher au Mât d'un na-



vire, & qu'on pouvoit élever ou abaisser à sa fantaisie par le moyen de quelques machines; on y voit encore, que ce qui avoit engagé M. *Pascal* à employer des Tuyaux de cette longueur étoit, que s'étant trouvé avec plusieurs Sçavans, & que leur ayant fait voir le mercure suspendu dans le Tube de *Toricelli* à la hauteur de  $27\frac{1}{2}$  pouces de Roi; leurs sentimens s'étoient partagés sur ce Phénomene; quelques-uns qui étoient *Peripatéticiens* assuroient, que l'espace abandonné par le vif-argent, étoit rempli par des esprits qui s'étoient évaporés du mercure, & qui s'étant rarefiés remplissoient exactement cet espace, ce qui soulageoit la nature, & lui faisoit éviter le vuide son mortel ennemi.

Pour les convaincre, M. *Pascal* prit des Tubes de verre de 40 pieds de long, (à ce que dit M. *Robberval*) les fit attacher à un Mât dressé sur la place de la Verrière, & fit ajuster des Machines pour l'élever, comme je viens de dire tout-à-l'heure, & ayant fixé un jour, il les invita

tous à venir voir cette Expérience.

M. *Pascal* avoit calculé auparavant , à l'aide de la hauteur du mercure , celles de l'eau & du vin , proportionnellement à leurs gravités spécifiques , il avoit trouvé que metant 27 pouces  $\frac{1}{2}$  pour la hauteur du mercure , la véritable hauteur de l'eau devoit être de 31 pieds  $\frac{1}{2}$  , & celle du vin , de 31 pieds  $\frac{2}{3}$  environ : leur ayant donc communiqué quelque chose de son dessein , il leur fit aisément avouer dans la conversation , qu'il y avoit certainement une plus grande quantité d'esprits dans le vin , que dans l'eau , & qu'ainsi en faisant l'Expérience avec ces liqueurs , le vin devoit laisser au haut du Tube , un plus grand espace que l'eau , les Tubes étant d'égales longueurs. Ce qui lui étant accordé , il les mena voir le Mât & tout l'équipage , & ayant fait remplir les Tubes , l'un de vin , l'autre d'eau , & plonger dans leurs liqueurs respectives , après plusieurs vibrations , elles descendirent & s'arrêterent , l'eau à la hauteur de 31  $\frac{1}{2}$  pieds , & le vin un peu plus

de 31<sup>2</sup>, la partie supérieure de ces deux Tubes paroissant vuide, comme dans l'Expérience de *Toricelli*. Il fit ensuite changer les liqueurs des Tubes, c'est-à-dire, qu'il fit mettre le vin dans celui où il y avoit eu de l'eau, & de l'eau dans celui qui avoit d'abord été rempli de vin; malgré ce changement, il ne parut aucune différence dans leurs hauteurs, ainsi il confondit ses adversaires par leur propre aveu, leur faisant voir que dans leur hypothèse, les esprits de l'eau auroient occupé un plus grand espace que ceux du vin, & par conséquent que l'eau auroit été plus spiritueuse que le vin, contre la raison & l'Expérience.

Passons à présent aux Expériences qu'on a faites, en combinant deux différents Fluides dans le même Tube; ces Fluides peuvent être du vif-argent & de l'eau, du vif-argent & de l'air, de l'eau & de l'air: ces mélanges suffisent pour nous faire connoître ce qui arriveroit en mêlant ainsi différents liquides. Nous avons vû que la pression de l'air sou-

## 152 LEÇONS DE PHYSIQUE

tient le vif-argent à la hauteur d'environ 28 pouces , & l'eau à celle de 34 pieds ; il est aisé de concevoir qu'un mélange de mercure & d'eau , doit nécessairement être soutenu par la même force , à une hauteur moyenne , entre 28 pouces & 34 pieds.

Pour trouver la véritable hauteur du mélange , supposons que le vif-argent dont nous nous servons , soit 14 fois plus pesant que l'eau , & que l'état de l'Atmosphère soit tel , que la pesanteur de l'air soutienne le vif-argent à 28 pouces : mettant donc 28 pouces d'eau dans le Tube , voici comment il faudra calculer ; 28 pouces d'eau pèsent autant que 2 pouces de mercure , car puisque la gravité spécifique du vif-argent est 14 fois plus grande que celle de l'eau , 28 pouces sont  $14 \times 2$  pouces de vif-argent ; mais l'air peut soutenir une colonne de 28 pouces de mercure , puis donc que 28 pouces d'eau pèsent autant que 2 de vif-argent , en ôtant 2 de 28 , il restera 26 pouces , qui est ce qu'il faudra ajouter de vif-

argent aux 28 pouces d'eau , pour que le composé fasse équilibre avec la pression de l'air , ce qui fait en tout 54 pouces.

Supposons encore qu'on ait mis dans le Tube 14 pouces d'eau , comme 14 pouces d'eau pesent autant que 1 pouce de vif-argent , ôtant un de 28 , il reste 27 , qu'il faut ajoûter à 14 , d'où il paroît que le le composé de vif-argent & d'eau se soutiendra à la hauteur de 41 pouces.

Si l'on veut combiner ensemble du vif-argent & de l'air , il sera beaucoup plus difficile d'estimer la hauteur du vif-argent , que dans le cas précédent ; le problème est proprement algébrique , & il faut absolument employer l'Analyse pour le résoudre ; sans le laisser tout-à-fait , je le renverrai seulement , & au lieu de calculer à quelle hauteur doit se tenir le vif-argent , en supposant qu'une quantité d'air déterminée occupe la partie supérieure du Tube , je vais enseigner le moyen de déterminer quelle quantité d'air occupe la partie supérieure du Tube , étant donnée dans le Tube de *Toricelli* , une

## 154 LEÇONS DE PHYSIQUE

hauteur de mercure moindre que la hauteur ordinaire , en voici la formule.

Comme la hauteur ordinaire du Baromètre , dans le temps de l'Expérience , est au complément \* de la hauteur donnée : ainsi la partie du Tube qui reste vuide de mercure après l'immersion , est à celle qu'on a dû laisser pleine d'air avant l'Expérience.

Supposons , par exemple , un temps auquel le Baromètre soit à 28 pouces : on propose de remplir un Tuyau de 36 pouces de long, partie d'air, partie de mercure , de manière qu'après le renversement , il y reste 20 pouces de vif-argent : supposons que le Tube soit enfoncé d'un pouce dans le vif-argent de la Cuvette, enforte qu'il n'y en ait plus que 35 au-dessus de la surface de ce vif-argent : le complément de la hauteur donnée 20 pouces , sera de 8 , & la longueur de la partie du Tube qui doit rester vuide après l'Expérience , sera de 15 pouces , car il y a 35 pouces , de-

\* Ce complément est la différence entre la hauteur de la colonne donnée , & celle du Baromètre au temps de l'Expérience.

puis la surface du vif-argent de la Cuvette, jusqu'au haut du Tube, & on en suppose 20 remplis de mercure, il y en aura donc 15 de vuide; or nous devons dire par la formule, comme la hauteur ordinaire 28 pouces, est à 8 complément de la hauteur donnée, ainsi 15 longueur de la partie qui doit demeurer vuide après le renversement, est à 4  $\frac{2}{3}$  longueur de la partie qui aura dû rester vuide avant l'Expérience.

Si donc on emplit tout le Tube à la réserve de 4 pouces  $\frac{2}{3}$  qu'on laissera pleins d'air, après le renversement ces 4 pouces  $\frac{2}{3}$  monteront au haut du Tube, & quand on en aura plongé l'orifice dans la Cuvette, le vif-argent descendra à la hauteur donnée 20 pouces, & l'air qui n'occupoit d'abord que 4 pouces  $\frac{2}{3}$  se dilatera tellement au haut du Tuyau, qu'il occupera alors 15 pouces. Dans cet exemple, le Tube qui avoit 36 pouces excédoit la longueur du Baromètre, supposons à présent qu'il n'en ait que 24, & qu'il y en ait comme auparavant, un

## 156 LEÇONS DE PHYSIQUE

pouce de plongé dans la Cuvette , il n'en restera donc plus que 23 au-dessus ; si on demande combien il faudra laisser d'air dans le Tuyau , pour que le vif-argent reste après l'immersion à la hauteur de 18 pouces , on calculera de même.

Le complément de 18 à 28 , est 10 , par conséquent la partie supérieure du Tube qui doit rester vuide après l'Expérience , est de 5 pouces , sçavoir la différence de 18 à 23 ; disons donc , comme 28 est à 10 , ainsi 5 , partie qui doit rester vuide après l'immersion , est à  $1\frac{2}{3}$  espace qu'aura dû occuper l'air avant l'Expérience. Si donc on emplit tout le Tube de vif-argent , hormis 1 pouce  $\frac{2}{3}$  , le mercure restera après l'immersion à la hauteur de 18 pouces.

Pour démontrer cette formule , il faut observer ,

I. Que l'Air que nous respirons , est composé de parties compressibles ou élastiques , ou du moins qu'il est rempli de parties capables de céder , c'est-à-dire , de se laisser réduire à de moindres



dimensions, par une force quelconque, comme pourroit être le poids de l'Atmosphère ; ces parties tendent autant qu'elles peuvent à se débarrasser de cette pression, & à r'acquérir leur première étendue, en réagissant contre les Corps qui les environnent & les compriment, c'est ce que chacun peut observer dans une vessie enflée : l'Air qu'elle contient se réduit, quand on la presse entre les mains, en un moindre espace ; mais aussi-tôt qu'on cesse de presser, il se rétablit dans toute l'étendue qu'il avoit auparavant ; on sent manifestement quand on le comprime, l'effort avec lequel il paroît vouloir se débarrasser de la violence qu'on lui fait.

II. Que cette puissance élastique de l'air est toujours égale à la force avec laquelle on le comprime, car si elle étoit moindre que cette force, l'air se laisseroit encore comprimer davantage, & si elle étoit plus grande, il ne céderoit pas tant, la réaction étant toujours égale à l'action. D'où il suit que la vertu élastique

## 158 LEÇONS DE PHYSIQUE

de la moindre particule d'air que nous respirons, est égale au poids de la partie de l'Atmosphère qui est au-dessus d'elle, puisque ce poids est la force qui la retient dans les dimensions qu'elle a actuellement, ce qui peut paroître un Paradoxe ; cependant, comme nous avons déjà dit, si la force élastique de cette petite partie d'air n'étoit pas aussi grande, que celle du poids de la colonne de l'Atmosphère qui est au-dessus, elle céderoit à ce poids, qui la réduiroit dans un espace encore plus étroit.

III. Nous remarquerons, que plus on comprime l'air, plus on lui diminue ses dimensions, & au contraire, que ses dimensions augmentent à proportion de ce qu'il cesse d'être comprimé. Le raisonnement seul ne suffit pas pour nous faire découvrir dans quelle proportion ses dimensions diminuent par la compression ; l'Auteur de la nature peut avoir disposé les choses d'une infinité de manières différentes, de celle où nous les voyons ; il faut donc que l'Expérience nous fasse

Connoître comment la sagesse infinie les a ordonnées, c'est ce que nous examinerons dans la Leçon suivante : j'espère y démontrer que l'espace qu'occupe une quantité d'air déterminée, est toujours réciproquement comme la force qui le comprime.

Quand je dis que l'espace est réciproquement comme la force qui comprime, j'entens qu'à mesure que cet espace diminue, la force augmente, & que cette espace augmente dans la même raison que la force diminue ; ainsi une force double réduit l'air dans un espace moitié moindre, une force triple le réduit dans un espace souteriple ; de même aussi la moitié de la force étant détruite, l'air se dilate dans un espace double ; & si on ôte les deux tiers de cette force, l'air se dilate & occupe un espace triple de ce qu'il occupoit auparavant. Or la force élastique étant, comme je l'ai déjà prouvé, égale à la force de compression, il s'ensuit qu'elle est aussi réciproquement comme l'espace que l'air occupe ; je peux

## 160 LEÇONS DE PHYSIQUE

regarder cette propriété comme si elle m'étoit accordée, & je démontre ainsi la vérité de notre formule.

Dans la Figure 33 & 34, soit  $ae$  le Tube proposé,  $bc$  la hauteur à laquelle on suppose le vif-argent,  $bd$  la hauteur ordinaire du mercure dans le Baromètre; la pression de l'Atmosphère est contrebalancée dans le Tube de *Toricelli* par le poids de la colonne de mercure  $bd$ , ou  $bc$ ,  $cd$  prises ensemble; or dans notre Expérience elle est contrebalancée par le poids de la colonne de mercure  $bc$ , jointe à la pression de la quantité d'air renfermée dans la partie supérieure  $ec$  du Tube. Cette pression ne vient pas du poids de cet air renfermé, car il est presque insensible, mais elle vient de son élasticité ou de l'effort qu'il fait pour étendre ses dimensions, effort, qui doit nécessairement abaisser le vif-argent  $cb$ . Le poids des deux colonnes  $bc$ ,  $cd$  jointes ensemble, est donc égal au poids d'une de ces colonnes  $cb$ , plus à la force élastique de l'air  $ec$ ; & ces deux sommes sont

## EXPERIMENTALE. 76

Sont égales à la pression de l'Atmosphère sur la surface du vif-argent de la Cuvette; le poids de la colonne de mercure  $cd$ , est donc égal à la force Élastique de l'air renfermé en  $ec$ ; soit  $ef$  l'espace que cet air occupe dans son état naturel, & qui par son ressort s'est étendu dans l'espace  $ec$  en abaissant le mercure en  $c$ ; la force Élastique, quand il étoit dans son état naturel, étoit donc égale à la pression de l'Atmosphère, & par conséquent au poids de la colonne de mercure  $bd$ .

Nous voici donc parvenus à trouver que l'Élasticité de l'air dans l'espace  $ec$ , est égale au poids de la colonne de mercure  $cd$ , & que l'Élasticité du même air renfermé dans l'espace  $ef$ , est égale au poids de la colonne de mercure  $bd$ ; l'Élasticité de l'air en  $ef$ , est donc à celle du même en  $ec$ , comme la colonne  $bd$  est à  $cd$ : or par la propriété de l'air que je dois vous démontrer demain, sçavoir que l'Élasticité est réciproquement comme l'espace, il suit que l'Élasticité de l'air en  $ef$ , est à son Élasticité en  $ec$ , comme

L

## 162 LEÇONS DE PHYSIQUE

me  $ec$ , est à  $ef$ ; donc  $bd, dc :: ec, ef$ , c'est-à-dire, que la hauteur du Baromètre dans le temps de l'Expérience, est au complément de la hauteur donnée, comme la partie du Tuyau qui demeure vuide de mercure après l'Expérience, est à celle qu'on a dû laisser pleine d'air auparavant. *Ce qu'il falloit démontrer (a).*

(a) Pour trouver  $ec$ , ou  $cb$ , étant donné  $ef$ , Figure 33 & 34; ce qui est la converse de la proposition précédente, & qui, comme l'a remarqué l'Auteur, ne peut se résoudre que par l'Analyse; voici comme on peut s'y prendre.

Par la propriété de l'air qu'il a annoncée, sçavoir, que son Elasticité est réciproquement comme l'espace qu'il occupe, nous avons  $ec : ef :: bd : dc$ , ou  $ec \times dc = ef \times bd$ ; d'où il paroît que la question se réduit seulement à trouver un point  $c$ , dans la ligne donnée  $ad$  prolongée, tel que le rectangle  $ce$ , par  $cd$ , soit égal au rectangle donné  $bd$ , par  $ef$ . Or comme les côtés  $ce$ , &  $cd$  peuvent se rapporter également à leur différence  $de$ , & par conséquent peuvent se déterminer par la même Analyse, il sera plus simple de couper leur différence donnée  $de$  (Figure 35.) en deux parties égales, & de trouver la moitié de leur somme  $ge$ ; d'où nous avons  $ce = eg + gd$ , &  $cd = eg - gd$ ; &  $ce \times cd = (eg + gd) \times (eg - gd) = eg^2 - gd^2 = bd \times ef$  par la condition du problème: ce qui nous donne ce Theorème.  $cg^2 = gd^2 + bd \times ef$ , ou  $cg = \sqrt{gd^2 + bd \times ef}$ . Dans l'exemple de la page 153. mettant  $bd$  de 30 pouces,  $de$  de 1, &  $ef$  de 5;  $\frac{1}{2} de$  ou  $dg$  fera égal à 2,5. pouces, & par le Theorème  $cg = \sqrt{gd^2 + bd \times ef} = \sqrt{6,25 + 150} = 12,5$ ; dont la différence  $cd = 10$ , &

## EXPERIMENTALE. 163

En faisant un changement convenable, on pourra se servir de la même formule, pour combiner de l'eau avec de l'air dans un Tube d'une longueur proposée : il faudra dire, par exemple, comme la hauteur de l'eau dans l'Expé-rien-

la somme  $ce = 15$ , & la colonne  $cb = 20$  poudes.

Mais au lieu du Theorème Analytique, si on vouloit une construction Geométrique, voici ce qu'il faudroit faire. Dans les Fig. 35 & 36, ajoutez  $dh = ef$ , à  $bd$ , hauteur ordinaire du Baromètre, & sur le diamètre  $bh$  décrivez un demi-cercle qui coupera en  $i$  la ligne  $di$ , perpendiculaire au Tube au point  $d$ ; coupez  $de$  en deux au point  $g$ , & joignant  $gi$ , du centre  $g$ , & du demi diamètre  $gi$ , décrivez un demi-cercle qui coupera le Tube au point  $c$ , où se doit terminer la colonne de vif-argent.

Par le Theorème précédent  $\overline{cg}^2 = \overline{gd}^2 + bd \times ef = \overline{gd}^2 + bd \times dh$  par construction,  $= \overline{gd}^2 + \overline{di}^2$  par la propriété du Cercle  $bhi$ ,  $= \overline{gi}^2$  par la propriété du Triangle rectangle  $gdi$ . Enfin si on desire une démonstration Synthetique; supposons  $k$ , le point où le Cercle  $cik$  coupe le Tube prolongé, on aura donc  $bd \times ef = bd \times dh$  par construction,  $= \overline{di}^2$  par la propriété du Cercle  $bih = dc \times dk$  par la propriété du Cercle  $cik$ , & en changeant le premier & le dernier rectangle en proportion, on aura  $ec:ef::bd:dc$ , donc en vertu du ressort de l'Air, le vif-argent restera en  $c$ . Le problème a deux solutions, parce que le Cercle  $cik$  coupe la ligne  $de$  en deux points, dont le point  $k$  a cette propriété dans notre problème, que si  $ek$  est rempli par une colonne de vif-argent, qui ait un vuide au-dessus d'elle, sa surface resteroit en  $k$ , & celle de la colonne inférieure en  $c$ , parce que l'Elasticité de l'air est égale au poids d'une colonne de la longueur  $ek$ , ou  $cd$ .

L ij

## 164 LEÇONS DE PHYSIQUE

ce de M. *Pascal*, qui est d'environ 32 pieds, est au complément de la hauteur proposée, ainsi la longueur de la partie du Tube qui doit demeurer vuide d'eau après l'Expérience, est à celle qu'on a dû conserver pleine d'air auparavant.

Passons à présent à l'Expérience qu'on a faite au bas & au haut de l'Observatoire, & qui nous fournit une preuve de la pression de l'air aussi complète, que nous la puissions desirer (a).

Comme je ne vois point de difficultés

(a) A la bouteille de la Figure 37. dans laquelle il y a environ un pouce d'eau, on a fixé & scellé avec du mastic un Tuyau de verre, dont une extrémité trempe dans l'eau de la bouteille: en soufflant un peu par ce Tuyau, on a élevé l'eau à une hauteur raisonnable; on a placé la bouteille dans un vase, & on l'a environnée de sable ou de sel, pour conserver l'air qu'elle contient dans la même température; on a mis un fil sur le Tuyau vis-à-vis la superficie de l'eau, & ensuite on a porté cet instrument tout au haut de l'Observatoire, & l'eau s'est élevée au-dessus du fil, ce qui montre évidemment que la pression de l'air est moindre au haut de l'Observatoire, qu'en bas dans la Cour.; car l'air de la bouteille étant de même température, conserve le même degré d'Elasticité, & presse sur l'eau avec la même force; le poids de la colonne d'eau, & celui de l'Atmosphère contrebalancent la force Elastique de cet air: quand donc la colonne d'eau augmente, le poids de l'Atmosphère diminue, par conséquent la pression de l'air est moindre au haut, qu'au bas de l'Observatoire.



ni d'objections raisonnables contre ces vérités, je ne m'arrêterai point à les prévenir; il vaut mieux observer, que non-seulement nous prouvons le poids de l'air dans cette dernière Expérience, mais encore qu'elle sert à déterminer le rapport de sa gravité spécifique à celle de l'eau; la hauteur de l'Observatoire où on a fait l'Expérience, est de 54 pieds: à cette hauteur l'eau s'est trouvée élevée de  $\frac{3}{4}$  de pouce dans le Tuyau, donc une colonne d'eau de  $\frac{3}{4}$  de pouce, ou de  $\frac{1}{16}$  de pied, fait équilibre avec une colonne d'air de même base, & de 54 pieds, la gravité de l'eau est donc à celle de l'air, comme 54 à  $\frac{1}{16}$ , c'est-à-dire, comme 864 à 1.

Nous aurions pû nous servir du Tube de *Toricelli*, pour faire voir la différence des pressions de l'air, à différentes distances de la surface de la terre, si l'Observatoire avoit été plus élevé; mais la hauteur de 54 pieds, est trop peu considérable, pour qu'on puisse observer exactement l'abaissement du mercure qui

## 166 LEÇONS DE PHYSIQUE

ne doit être que de  $\frac{1}{20}$  de pouce ; il a donc fallu se servir de l'expédient que nous avons employé au défaut de quelque haute montagne , sur laquelle nous aurions observé une altération sensible dans la hauteur du Baromètre.

On fit une semblable Expérience en 1648. sur le *Puy de Domme* en Auvergne , par les soins & à la recommandation de M. *Pascal* ; on y observa qu'à la hauteur de 3000 pieds de Roi , le vif-argent s'abaissoit dans le Tube de 3 pouces  $\frac{1}{8}$ , \* M. *Cassini* a fait aussi une sembla-

\* M. *Cassini* de *Thuri* a déterminé Géométriquement la hauteur du *Puy de Domme* , au-dessus du Jardin des Minimes , de 560 toises , c'est-à-dire , de 3360 pieds de Roi ; & voici les Observations du Baromètre que nous y avons faites ensemble , le 6. Août 1739.

Hauteur du Mercure..	{ Aux Minimes . . . . 27 pouces 0 $\frac{1}{2}$ lig.	
	{ Au Puy de Domme. . 23 . . . . 9 $\frac{1}{2}$ . . .	
Difference . . . . .	3	3 . . . .

Nous avons fait les mêmes Expériences le 6 Octobre 1739. sur la Montagne du *Canigon* dans les Pyrenées , dont la hauteur au-dessus du niveau de la Mer a été conclue de 1441 toises , ou 8646 pieds.

Haut. du Merc. à Canet ,	{ Au bord de la Mer. 28 pouces 0 $\frac{1}{2}$ lig.	
	{ Au Canigon , . . . . 20 . . . . 2 $\frac{1}{2}$ . . .	
Difference . . . . .	8	1 . . . .

ble Expérience sur la Montagne *Snowdon* dans la Province de Galles, il a trouvé qu'à la hauteur de 3720 pouces, le vif-argent baissoit de 3 pouces  $\frac{8}{19}$  mesure d'Angleterre. I 2 1 7 1 1 7 1

Je ne scaurois me dispenser d'ajouter le résultat d'un calcul que j'ai fait du poids de toute l'Atmosphère, si ce poids étoit exprimé par un nombre de livres, il seroit d'une grandeur excessive ; je vais plutôt déterminer le diamètre d'une Sphere de plomb, qui peseroit autant que toute la masse d'air qui environne la surface de la Terre ; ce diamètre seroit d'environ 60 milles. Si quelqu'un veut faire lui-même ce calcul après moi, voici les Elemens qu'il doit employer.

Le poids d'une colonne d'air de la hauteur de l'Atmosphère est égal à celui d'une colonne d'eau de même base, & de 34 pieds de haut (mesure Angloise) le demi-diamètre de la Terre, est égal à 20949655 pieds, & la gravité est C'est-à-dire, à peu près 21. lieues.

## 168 LEÇONS DE PHYSIQUE

spécifique de l'eau est à celle de plomb ;  
comme 1,000 à 11,325.

---

### NEUVIÈME LEÇON.

*La densité & le ressort de l'Air, font comme la force  
qui le comprime ; d'où l'on tire une méthode  
pour déterminer la nature & les limites de l'At-  
mosphère.*

**N**OUS avons démontré que l'air est  
Elastique, c'est-à-dire, qu'il a une  
force, en vertu de laquelle il tend constamment à s'étendre ; & que cette force  
Elastique est toujours égale à celle  
qui le comprime ; mais nous avons en  
même temps supposé, que l'espace que  
l'air occupe est en raison réciproque ; &  
par conséquent sa densité en raison di-  
recte de cette même force ; voyons à  
présent si l'Expérience va confirmer ce  
que nous avons avancé.

Comme l'air peut devenir au plus rare,  
ou plus dense qu'il n'est dans cette  
constitution, que nous appelons, peut-  
être improprement, son état naturel, nous

devons donc faire deux Expériences, l'une sur l'Air quand il est plus dilaté & plus rare que celui que nous respirons, & l'autre quand il est plus condensé. Soit donc  $ae$  (Fig. 33,) un Tube scellé hermétiquement en  $e$ , & ouvert en  $a$ ; l'ayant rempli tout-à-fait de vif-argent, excepté un certain espace que nous laissons plein d'air; ensuite ayant bouché l'orifice  $a$  avec le doigt, & renversé le Tube pour laisser monter l'air dans la partie supérieure  $ef$ , si nous plongeons le bout  $a$  dans une Cuvette pleine de mercure, le vif-argent descendra jusqu'en  $c$ , & l'air  $ef$  se dilatera dans l'espace  $ec$ . Or soit  $bd$  la hauteur ordinaire du Baromètre, vous pouvez vous ressouvenir que nous avons démontré, que la force qui comprimoit l'air pendant qu'il occupoit l'espace  $ef$ , étoit égale au poids de la colonne de l'Atmosphère, c'est-à-dire de la colonne de vif-argent  $bd$ , & que la force avec laquelle il est comprimé quand il occupe l'espace  $ec$ , est égale au poids de la colonne de vif-argent  $dc$ : si donc nous

trouvons par Expérience que l'espace  $ec$  est constamment à l'espace  $ef$ , comme la force qui comprime l'air en  $ef$ , est à celle qui comprime l'air en  $ec$ , c'est-à-dire, comme le poids de la colonne  $bd$ , est à celui de la colonne  $dc$ , ou simplement comme la longueur  $bd$ , est à la longueur  $dc$ , nous pouvons conclure avec assurance, que l'espace que l'air occupe quand il est raréfié, est réciproquement comme la force qui le comprime.

Pour découvrir si la même proportion subsiste aussi quand l'air est condensé, nous nous servons d'un Tuyau recourbé Fig. 38. dont l'extrémité  $n$  est ouverte, & l'autre  $g$  est scellée hermétiquement; versant dans ce Tuyau autant de vis-argent qu'il en est nécessaire pour remplir la courbure  $ik$ , de manière qu'il enferme, dans l'espace  $ig$ , de l'air tel que nous le respirons, & que ses surfaces dans les deux branches soient à niveau; il est évident que la pression de l'air  $ig$ , sur la surface  $i$  du mercure, est égale au poids de la partie de l'Atmosphère qui

presse sur l'autre surface  $k$ , & par conséquent, que le poids d'une colonne de vif-argent de la hauteur ordinaire du Baromètre, est égale à la force qui comprime l'air en  $ig$ ; or si par l'orifice  $n$  nous versons encore du vif-argent, jusqu'à ce qu'il monte dans la longue branche en  $m$ , nous l'appercevrons s'élever en même-temps dans la plus courte branche en  $h$ : ainsi l'air sera condensé & réduit dans l'espace  $hg$ . Or dans ce cas, il est encore évident que la force qui comprime l'air dans l'espace  $hg$ , est égale au poids de la colonne de vif-argent  $lm$ , jointe au poids d'une colonne de la hauteur ordinaire du Baromètre, sçavoir de 27 ou 28 pouces (prenant le point  $l$ , au même niveau que le point  $h$ ,). Si donc nous trouvons par Expérience que l'espace  $gh$  est constamment à l'espace  $gi$ , comme la force qui comprime l'air dans cet espace  $gi$ , est à la force qui comprime le même air, quand il est enfermé dans l'espace  $hg$ ; c'est-à-dire, comme la hauteur ordinaire du Baromètre,

## 172 LEÇONS DE PHYSIQUE

est à cette hauteur ordinaire , jointe à la hauteur  $lm$ , nous pouvons encore conclure que quand l'air est condensé, il occupe toujours une espace réciproque à la force qui le comprime.

Essayons donc si l'effet répondra à ce que nous attendons ; nous devons bien nous imaginer qu'il y aura toujours quelque petite différence , quelque précaution que nous prenions , à moins que les diamètres des Tubes  $ec$ ,  $gi$  (Fig. 33, 38) ne soient véritablement Cylindriques , ce qui arrive rarement , ou peut-être jamais , & la cause de cette différence vient de ce que nous supposons les espaces  $ef$ ,  $ec$ ,  $gi$  &  $gh$ , l'un à l'autre comme les longueurs, supposition fautive , si les Tubes ne sont pas parfaitement Cylindriques.

Ayant déjà démontré par raisonnement que le ressort de l'air , est comme la force qui le comprime , & venant de prouver tout-à-l'heure , autant que l'inégalité inévitable des Tuyaux l'a pû permettre , que sa densité aussi-bien que l'espace qu'il



occupe sont réciproquement , comme la même force qui le comprime , nous avons suffisamment de principes pour entreprendre la recherche des limites de l'Atmosphère & de son état , c'est-à-dire de sa rareté à une distance quelconque de la surface de la Terre.

Si l'air étoit par-tout de la même densité , on auroit bien-tôt déterminé les limites de l'Atmosphère ; l'Expérience que nous avons faite hier au haut & au bas de l'Observatoire , nous apprend que la gravité spécifique de l'eau , est environ 850 fois plus grande que celle de l'air ; ( c'est ce que nous examinerons mieux par la suite dans une Expérience que nous ferons exprès , ) & dans la semaine précédente , nous avons découvert par la balance Hydrostatique , que le vif-argent est environ 14 fois plus pesant que l'eau ; d'où il suit que le vif-argent est  $14 \times 850$  fois , c'est - à - dire 11 mille 900 fois plus pesant que l'air : Or nous avons vu par l'Expérience de *Toricelli* , qu'une colonne de vif-argent de  $29\frac{1}{2}$  pouces , est

## 174 LEÇONS DE PHYSIQUE

en équilibre avec une colonne d'air de même base , & qui s'éleve jusqu'au haut de l'Atmosphère. Si donc l'air étoit partout de la même densité, qu'il est ici bas, sa hauteur devroit surpasser  $29\frac{1}{2}$  pouces autant de fois , que sa gravité spécifique est excédée par celle du vif-argent ; c'est-à-dire que la hauteur de l'Atmosphère, en la supposant partout de même densité, devroit être de  $11900 \times 29\frac{1}{2}$  pouces, ce qui est un peu plus de  $5\frac{1}{2}$  milles, à peu près 2 lieues.

Mais il est facile de prouver que cette supposition ne doit point avoir lieu ; car puisque chaque couche d'air est comprimée , par la partie de l'Atmosphère qui est au-dessus d'elle , puisque les parties les plus élevées sont moins comprimées, enfin, puisque la densité de l'air est partout comme la force qui le comprime ; il s'ensuit nécessairement que l'air sera toujours d'autant plus rare , qu'il s'éloignera davantage de la surface de la Terre. Mais de combien l'air est-il capable de se raréfier & de se condenser ? c'est

ce que personne que je sçache n'a encore déterminé. *M. Boyle* a observé qu'il peut se dilater jusqu'à devenir 10000 fois plus rare, qu'il n'est dans son état naturel, & *M. Halley* dit qu'il l'a vu 60 fois plus condensé, que celui que nous respirons; *M. Papin* rapporte encore qu'il se trouva une fois présent, quand *M. Huyghens* le comprima au même degré que je viens de rapporter, & que le vaisseau en éclata. Cependant on n'a jamais pû déterminer par Expérience, jusqu'à quel point l'air pourroit se raréfier ou se condenser: quoiqu'il en soit, il est certain qu'il y a dans la nature des bornes au-delà desquelles on ne sçauroit aller; la condensation, par exemple, ne sçauroit aller jusqu'à la pénétration des parties, & si la raréfaction de l'air est d'autant plus grande, que sa distance à la surface de la Terre est augmentée, son ressort sera aussi d'autant plus affoibli, que la force avec laquelle chaque petite partie d'air tend à s'éloigner de celles qui sont au-dessous d'elle sera devenuë moindre que la for-

## 176 LEÇONS DE PHYSIQUE

ce de sa gravité qui la ramène constamment vers le centre de la terre : la rarefaction de l'Air sera donc limitée, là où ces deux forces opposées seront en équilibre.

Quoiqu'il soit certainement vrai qu'à cause de la gravité, l'air ne sçauroit se dilater au-delà d'un certain terme ; cependant comme personne jusqu'ici n'a pû déterminer sa plus grande expansion, il est également certain qu'il n'est pas possible de déterminer exactement les limites de l'Atmosphère ; car comme l'air peut devenir de plus en plus rare, une quantité d'air aussi pesante qu'une colonne de vif-argent de 30 pouces de long, pourra aussi de plus en plus s'étendre & devenir plus rare, au moyen de quoi les limites de l'Atmosphère pourront se reculer jusqu'à l'infini.

Malgré cette difficulté apparente ; nous pouvons toujours connoître de combien l'air est raréfié à une distance donnée de la surface de la Terre, par la méthode suivante.

Soit

Soit  $xaapx$  (Fig. 39.) un vaisseau dont le fond  $aa$  touche la surface de la Terre, & dont la partie supérieure  $xx$  s'étende jusqu'au haut de l'Atmosphère : imaginons le côté  $ax$  divisé en plusieurs intervalles  $ab, bc, cd$ , &c. chacun d'un pouce, & soient menées les lignes  $bk, cl, dm$ , &c. parallèles à  $ax$  : il est évident que l'air contenu dans l'espace  $bckl$ , est plus rare que celui qui est renfermé dans l'espace  $abkb$ , car la colonne  $xclx$  qui presse au-dessus du premier, est moindre que la colonne  $xbkx$  qui presse au-dessus de l'autre. Par la même raison, l'air enfermé dans l'espace  $cdml$ , est plus rare que celui qui est renfermé en  $bckl$ , & ainsi de suite, l'air de chaque couche d'un pouce, est plus rare que celui de la couche qui est immédiatement au-dessous : supposons à présent que chaque couche d'air d'un pouce, soit par-tout de la même densité, c'est-à-dire que dans toute l'étendue  $ak$  l'air soit de même densité, mais cependant plus dense que celui qui occupe l'étendue  $bl$ , & que celui-ci soit aussi par-

## 178 LEÇONS DE PHYSIQUE

tout de même densité, mais cependant plus dense que celui qui est dans l'espace  $cm$ , & ainsi de suite. Supposons encore que l'air contenu dans l'espace  $bl$  soit réduit en un moindre volume, en sorte qu'il devienne de même densité que l'air  $ak$ , ce qui se détermine aisément en faisant l'espace  $bq$  moindre que  $bl$ , dans la même raison, que l'air  $bl$  est moins dense que l'air  $ak$ ; soit de même l'air  $cm$  réduit à l'espace  $cr$ , l'air  $dn$  à l'espace  $ds$ , &c. en un mot, que chaque couche d'air soit réduite à la même densité que l'air  $ak$ . Or il est évident par cette construction, que les espaces  $ak, bq, cr, ds$ , &c. seront comme les densités respectives de toutes les couches  $ak, bl, cm, dn$ ; & l'on voit encore que la quantité, ou le poids de l'air qui s'étend de chacun de ces espaces jusqu'à l'extrémité de l'Atmosphère, sera comme la somme de tous les espaces réduits qui se trouveront au-dessus de l'espace proposé; ainsi la quantité ou le poids de l'air au-dessus de l'espace  $ak$ , sera comme la somme des espa-

paces  $bq$ ,  $cr$ ,  $ds$ ,  $et$ ,  $fv$ , &c. car l'air étant par-tout réduit à la même densité, la quantité ou son poids sera comme l'espace qu'il occupe.

Ce qui m'étant une fois accordé, voici la conclusion que j'en tire : Si on a un nombre de distances de la surface de la Terre qui soient en proportion Arithmétique, les densités de l'air à ces distances seront en proportion Géométrique ; car puisque ( par l'Expérience qui a été faite aujourd'hui, ) la densité de l'air est toujours comme la force qui le comprime, nous devons conclure que la densité de l'air à chaque distance de la surface de la Terre, est comme la quantité ou le poids de la partie de l'Atmosphère, qui est au-dessus de lui ; donc dans notre figure les densités de l'air en  $ak$ ,  $bl$ ,  $cm$ , sont l'une à l'autre respectivement, comme les quantités d'air au-dessus de  $bk$ ,  $cl$ ,  $dm$ .

Mais nous avons vu auparavant, que ces densités sont comme les espaces  $ak$ ,  $bq$ ,  $cr$ , respectivement, & les quantités qui s'étendent jusqu'au haut de l'Atmosphère,

## 186 LEÇONS DE PHYSIQUE

sont aussi comme les espaces  $xb\beta qrstv\bar{x}$  ;  $xc\gamma rstvx$  ,  $xd\delta rstvx$  ; il suit donc que les espaces  $ak$  ,  $bq$  ,  $cr$  sont entr'eux respectivement , comme  $xb\beta qrstv\bar{x}$  ,  $xc\gamma rstvx$  ,  $xd\delta rstvx$ .

Maintenant, les premiers espaces  $ak$  ,  $bq$  ,  $cr$  sont les différences des derniers, & tous ceux qui connoissent la nature des proportions, sçavent bien que quand plusieurs quantités sont l'une à l'autre respectivement comme leurs différences, alors les quantités, comme aussi leurs différences, sont en progression Geométrique (a).

Les espaces  $ak$  ,  $bq$  ,  $cr$  , sont donc en progression Geométrique, quand les distances  $ab$  ,  $ac$  ,  $ad$  , sont en progression Arithmétique; & comme les densités de l'air qui est dans ces trois premières couches, sont en progression Geométrique, les densités de celui des autres couches, qu'on suppose multipliées jusqu'au haut de l'Atmosphère, décroissent aussi dans la

(a) Si on a  $a : a - b :: b : b - c :: c : c - d$ , on aura Convertendo  $a : b :: b : c :: c : d$ .



même progression Geométrique, comme on peut s'en convaincre en faisant le même raisonnement.

J'ai supposé jusqu'ici pour plus grande facilité, que l'air de chaque couche d'un pouce de hauteur, est de même densité dans toute son étendue : à la vérité, la supposition n'est pas absolument exacte, car la densité de l'air varie, pour peu que la hauteur change ; cependant notre conclusion n'en est pas moins certaine, parce que si au lieu de diviser l'Atmosphère en couches d'un pouce, comme nous avons fait, nous la divisons en parties infiniment petites, & qu'on leur applique ce que nous venons de dire des couches d'un pouce, on trouvera toujours la même chose.

Maintenant, parce que la rareté d'un Corps est réciproquement comme la densité, nous pouvons aussi conclure, que quand les distances de la surface de la Terre, croissent en progression Arithmétique, les différents degrés de rareté de l'air croissent en progression Geométrique.

## 182. LEÇONS DE PHYSIQUE

M. *Halley* est le premier, à ce que je crois, qui ait observé cette propriété de l'air, mais parce que sa démonstration ne sçauroit être entenduë de ceux qui ne connoissent pas la nature de l'hyperbole, & que M. *Gregory* dans la démonstration qu'il en a aussi donnée dans son cinquième Livre d'Astronomie, suppose que son Lecteur sçait les propriétés de la ligne Logarithmique. J'ai tâché de rendre cette chose intelligible, par une méthode qui fut à la portée de tout le monde, même de ceux qui n'ont jamais entendu parler de lignes courbes. Voyons à présent quel secours nous pouvons tirer de cette propriété, pour déterminer de combien l'air est réellement raréfié à une élévation quelconque, au-dessus de la surface de la Terre.

Puisque les degrés d'élévation sont les termes d'une progression Arithmétique, comme les degrés de rareté le sont d'une progression Géométrique, il suit que l'élévation est par-tout proportionnelle au Logarithme de la rareté ; si donc nous

pouvons trouver par Expérience la rareté de l'air à une élévation quelconque, nous pourrons par la regle de trois, trouver quelle est sa rareté, à une autre élévation proposée, en disant: Comme l'élévation à laquelle l'Expérience a été faite, est à l'élévation proposée, ainsi le Logarithme de la rareté de l'air à la première station, est au Logarithme de sa rareté à la hauteur proposée. Ainsi il suit de la fameuse Expérience du *Puy de Dome*, qu'à la hauteur de 7 milles, l'air est un peu plus de 4 fois plus rare, qu'à la surface de la Terre. Par la même méthode, il suit de l'Expérience de M. *Caswel* sur la Montagne *Snowdon*, qu'à la même hauteur de 7 milles, l'air n'est pas tout-à-fait 4 fois plus rare, qu'à la surface de la Terre: la différence de part & d'autre est très-peu considérable. Nous pouvons donc prendre un milieu, & dire en nombres ronds, qu'à la hauteur de 7 milles, l'air est environ 4 fois plus rare, que celui que nous respirons.

M. *Newton* s'est servi de cette même

## 184 LEÇONS DE PHYSIQUE

proportion dans les additions qu'il a faites à son Optique (a), il est difficile d'appercevoir surquoi il se fonde ; néanmoins je m'en tiens à mon propre calcul.

Par ce qui vient d'être prouvé, sçavoir que la rareté de l'air augmente en progression Geométrique, tandis que sa hauteur croît en progression Arithmétique, on trouve qu'à chaque hauteur de 7 milles, l'air devient 4 fois plus rare ; ainsi à la hauteur de 14, il est 16 fois plus rare ; à la hauteur de 21 milles, il est 64 fois plus rare ; à 28 milles, 356 fois ; à 35 milles, 1024 fois ; à 70 milles, 1,000 000 fois ; à 140 milles, il est 1000 000 000 fois, & à 210 milles, 1000 000 000 000 fois plus rare, s'il est possible qu'il puisse acquérir de si grandes dimensions ; d'où nous pouvons aisément appercevoir qu'à la hauteur de 500 milles, si l'Atmosphère s'étendoit aussi loin, il seroit si raréfié, qu'une bulle d'air

(a) Dans la dernière édition, il le fait 4 fois plus rare à la hauteur de  $7\frac{1}{2}$  milles, & 16 fois plus rare à la hauteur de 15 milles, & ainsi de suite ; mais il ne dit pas la raison de ce changement.

d'un pouce de diamètre , tel que celui que nous respirons , s'étendrait dans un espace aussi considérable que la Sphere de Saturne. Le demi diamètre de la Terre , est d'environ 4000 milles , & celui de Saturne , est  $8 \times 5000,000$ .

C'est donc avec grande raison , que l'Excellent Philosophe dont je viens de parler , nous dit dans ses principes , que l'air à la hauteur d'un demi diamètre de la Terre , est au moins aussi raréfié , que je viens de faire voir qu'il l'est à une hauteur 8 fois moindre.

Il paroît par les Observations des Astronomes sur la durée du Crepuscule , & la grandeur de l'ombre de la Terre dans les Eclipses de Lune , que l'effet de l'Atmosphère pour réfléchir & intercepter la lumière , est sensible même à la hauteur de 40 & 50 milles , nous sommes donc sûrs que l'Atmosphère s'étend jusques-là , & nous sçavons par-tout ce qui a été dit , qu'à cette hauteur l'air est environ 10 000 fois plus rare , qu'à la surface de la Terre ; mais de combien au-

## 186 LEÇONS DE PHYSIQUE

delà de cette hauteur de 40, ou 50 milles, l'Atmosphère s'étend-elle encore ? c'est ce que j'avouë, que j'ignore entièrement, n'ayant rien d'où je puisse conclure une plus grande hauteur avec certitude. A la vérité, on a vu souvent quelques parties lumineuses, aux environs du Zenith même, à minuit, mais je n'ose rien conclure de ces apparences ; si j'assurois, comme quelques-uns ont fait, que ces parties lumineuses ne sont autre chose, que quelques exhalaisons Terrestres qui flottent dans l'air à une hauteur prodigieuse, & qui nous réfléchissent la lumière du soleil, à laquelle elles peuvent être exposées à une si grande hauteur ; il me paroît qu'il seroit ensuite impossible d'expliquer d'une manière un peu supportable, pourquoi ces exhalaisons pourroient être assez denses pour réfléchir tant de lumières à une si grande hauteur, & se soutenir en même-temps dans un milieu, j'ose le dire, infiniment plus rare, que l'air que nous respirons. Il paroît plus probable que ces lumières viennent de

Quelques substances lumineuses, ou phosphores Aériens.

Le 20. Mars 1706. il parût à 10 heures du soir un Phœnomene de cette espece à *Cambridge*, & en d'autres lieux éloignés, il y avoit un Cercle de lumiere d'environ les deux tiers de la largeur de la voie lactée, mais beaucoup plus luisant; sa hauteur approchoit de celle de notre Zenith, en s'inclinant d'environ 4 ou 5. vers le Nord, elle étoit très-vive & bien terminée vers l'horison Occidental, & plus foible vers le Zenith, où elle commença à disparoître, & devint aussitôt aurore boréale. Un de mes amis vit le même Phœnomene dans la Province de *Lincoln*, à 70 milles du Nord de *Cambridge*, le demi Cercle lui paroissoit dans le plan de l'Equateur. De ces deux Observations comparées ensemble, il est aisé de conclure que cette matiere lumineuse étoit élevée au-dessus de la Terre d'environ 40, ou 50 milles.

Voilà ce que j'avois à vous dire sur la nature & les limites de l'Atmosphère.

## 188 LEÇONS DE PHYSIQUE

On s'attend peut-être que je vais ajouter quelque chose sur la cause de l'Elasticité de l'air , sur laquelle sont fondées toutes nos conclusions ; je vous avouërai que de toutes les hypotheses qu'on a imaginées là-dessus , celle de M. *Newton* me paroît la plus plausible. Il a démontré dans le second Livre de ses Principes , que si les particules d'air , sont de nature à se repousser , à s'éloigner les unes des autres , avec des forces centrifuges réciproquement proportionnelles à leurs distances , elles doivent composer un Fluide élastique , dont la densité sera toujours comme la force qui le comprime , & ceux qui voudront se donner la peine de lire les dernières additions qu'il a faites à son Optique , verront que cette hypothese n'est pas avancée sans fondement.





DIXIÈME LEÇON.

*Effets de la pesanteur & de l'Elasticité de l'air dans les Seringues, Pompes, Syphons, Marbres polis, Ventouses, &c. comme aussi dans la respiration & le succement.*

J'AI prouvé suffisamment que l'air a une pesanteur actuelle ; dont il presse tous les Corps qui lui sont contigus ; nous avons trouvé qu'à la surface de la Terre , la pression d'une colonne d'air de toute la hauteur de l'Atmosphère , est égale au poids d'une colonne de vif-argent de même base , & de  $29\frac{1}{2}$  pouces , ou bien au poids d'une colonne d'eau de même base , & d'environ 34 pieds de hauteur ; j'ai encore fait voir que cette pression diminue toujours , à mesure qu'on s'élève au-dessus de la surface de la Terre ; que l'air a une vertu ou puissance Elastique , par laquelle il tend autant qu'il lui est possible à s'étendre & à acquérir de plus grandes dimensions ; que cette vertu ou puissance Elastique de l'air , est égale à

## 190 LEÇONS DE PHYSIQUE

la force qui le comprime ; que l'espace qu'il occupe est toujours réciproquement , & par conséquent sa densité directement comme cette même force ; que les degrés de densité de l'Atmosphère , sont différens à différentes hauteurs , l'air étant toujours d'autant plus rare qu'il est plus élevé ; enfin , j'ai démontré que la rareté de l'air croit en progression Géométrique , à mesure que sa hauteur croit en progression Arithmétique , & qu'ainsi à chaque 7 milles d'élévation , il est toujours 4 fois plus rare.

Venons à présent aux effets qu'on attribuoit autrefois à l'horreur du vuide , & qui dépendent ou de la pesanteur , ou de l'Elasticité de l'air ; nous pouvons compter parmi ces effets , les Phœnomènes des Seringues , Pompes , Syphons , Marbres polis , Ventouses , en un mot , ceux de la respiration & du succement.

M. *Pascal* dans son Traité de la pesanteur de l'air , a très-bien rendu raison de ces effets , c'est pourquoi je vous rapporterai la plupart de ses explications ,

il feroit inutile d'en chercher de meilleures. Sa méthode consiste à rapporter d'abord les principaux effets qu'on attribuoit à l'horreur du vuide , & à faire voir ensuite qu'ils sont une suite nécessaire de la pression de l'air.

Premierement donc , on écarte difficilement un soufflet dont les ouïes & le bout sont exactement fermés , & quand on veut l'écarter , on sent une résistance comme si les côtés du soufflet étoient collés l'un contre l'autre : de même le piston d'une Seringue , dont on a bouché l'ouverture , résiste à la force qui le tire vers le haut , comme si quelque chose le retenoit au fond.

On prétendoit , que ces effets venoient de l'horreur que la nature a du vuide , qui ne manqueroit pas d'arriver si on écartoit les deux aîles du soufflet , ou si on tiroit en haut le piston de la Seringue ; & cette raison se trouvoit confirmée , parce qu'on ne sent plus aucune résistance , sitôt qu'on laisse entrer l'air dans l'une ou l'autre de ces cavités.

**II. On sépare difficilement deux Marbres**

## 192 LEÇONS DE PHYSIQUE

*polis appliqués exactement l'un sur l'autre, il semble qu'ils soient étroitement attachés.*

On prétendoit encore, que cette cohésion venoit de l'horreur que la nature a du vuide, qui existeroit dans le temps que l'air employeroit à passer des bords, au centre de ces Marbres.

III. *Quand on plonge dans l'eau le bout d'une Seringue, & qu'on tire le piston, l'eau monte dans la Seringue, & suit ce piston, comme si elle lui étoit attachée : de même dans une Pompe, qui est une grande Seringue, l'eau monte & suit le piston quand on l'élève.*

On disoit encore, que cette élévation de l'eau venoit de l'horreur du vuide, qui arriveroit dans l'espace compris entre la surface de l'eau & le piston, si l'eau ne le suivoit pas, puisqu'il n'y a point d'air entre deux ; ce qui est confirmé, parce que l'eau ne monte plus, sitôt qu'on laisse entrer l'air dans la cavité de la Seringue par quelque moyen.

De même, si on met dans l'eau le bout d'une soufflet dont on a bouché les ouïes,

&

**&** qu'on en écarte les Aîles , l'eau montera & emplira sa cavité. Pareillement , quand on met la bouche dans l'eau & qu'on suce , on attire l'eau par la même raison ; car on peut comparer les poumons à un soufflet , & l'air entre dans les poumons quand on respire , comme il entre dans la cavité d'un soufflet , quand on en écarte les aîles.

Pareillement , si on allume un morceau de papier dans une bouteille , & que tout d'un coup on la renverse dans un vaisseau plein d'eau , à mesure que la flamme diminue , on voit l'eau s'élever dans la bouteille ; car l'air qui y avoit été raréfié par la flamme , venant ensuite à être condensé par l'eau froide , & par conséquent à contracter ses dimensions , doit se retirer , & laisser monter l'eau pour remplir l'espace qu'il abandonne.

*IV. Si on emplit d'eau une bouteille , & qu'après l'avoir renversée on en plonge l'orifice dans un vaisseau plein d'eau , celle de la bouteille y demeurera suspendue sans qu'il en tombe une seule goutte.*

On disoit encore, que cette suspension venoit de l'horreur du vuide ; car il devroit nécessairement y avoir un espace vuide, si l'eau venoit à descendre, puisque l'air ne sçauroit s'insinuer pour prendre sa place, ce qui est confirmé par une Observation, sçavoir, que si on laisse entrer l'air par quelque ouverture, l'eau descend aussi-tôt.

V. Si on emplit d'eau un Syphon, qu'on en plonge les branches, chacune dans un vaisseau plein d'eau ; si l'un de ces deux vaisseaux est plus élevé que l'autre, l'eau coulera dans le moins élevé, jusqu'à ce que l'autre soit épuisé, & couleroit toujours, si on avoit soin de remplir celui qui s'épuise.

On prétendoit encore, que cet écoulement venoit de l'effort que la nature faisoit pour prévenir le vuide, qui arriveroit au haut du Syphon, si l'eau de chaque branche descendoit dans le vaisseau qui est au bas, comme il arrive ordinairement, quand on fait quelque ouverture au haut du Syphon.

Il y a encore beaucoup d'autres effets

## EXPERIMENTALE. 135

de cette nature, dont nous ne parlons cependant pas, parce qu'ils sont à peu près les mêmes que ceux que nous venons de rapporter, & dans lesquels on ne remarque rien autre chose, sinon que tous les Corps qui se touchent, résistent à l'effort qu'on fait pour les séparer, quand l'air ne sçauroit s'introduire à leur place; soit que cet effort vienne de leur pesanteur, comme dans les Expériences où l'eau montoit & restoit suspendue malgré son propre poids, soit que cet effort vienne de quelque force appliquée pour les désunir, comme dans le premier exemple.

Voyons à présent comment tous ces effets qu'on a attribués à l'horreur du vuide, dépendent de la pression de l'air.

Pour expliquer comment la pression de l'air peut-être la cause de la difficulté que nous appercevons à écarter les Aîles d'un soufflet, dans lequel l'air ne peut entrer, *M. Pascal* suppose que son Lecteur se ressouvient de ce qu'il a enseigné, dans son *Traité de l'équilibre des Li*

## 196 LEÇONS DE PHYSIQUE

queurs , sçavoir que si on place dans une cuve d'eau d'environ 20 pieds de profondeur, un soufflet dont l'orifice sorte au-dessus de la surface de l'eau , il sera très-difficile d'en écarter les Aîles , & d'autant plus difficile , que la hauteur de l'eau au-dessus des Aîles du soufflet sera plus grande : cette résistance vient manifestement du poids de l'eau sur le soufflet , puisqu'avant que de verser l'eau dans la cuve , on n'avoit aucune difficulté à en écarter les Aîles ; & qu'à mesure qu'on a versé de l'eau , la résistance est augmentée, & est toujours devenue égale au poids de l'eau qu'on a versé sur le soufflet : car comme l'eau ne sçauroit entrer dans la cavité du soufflet , à cause que son orifice est hors de la cuve , il est évident que les Aîles ne sçauroient être séparées, sans élever ou soutenir la masse d'eau qui est au-dessus ; or on ne peut pas dire ici que cette résistance vienne de l'horreur du vuide , puisque l'air a un passage libre dans la cavité du soufflet par l'orifice du Tuyau ; il est donc très-certain que cette



résistance vient entièrement du poids de l'eau.

Ce qui a été dit du poids de l'eau, peut s'appliquer à celui de tout autre Fluide; car si le soufflet est mis dans un vaisseau plein de vin, on sentira une pareille résistance, ce qui arrivera aussi quand on se servira d'air, d'huile, de vif-argent, ou de tout autre Fluide. C'est donc une regle générale & un effet nécessaire de la pesanteur des Fluides, que si un soufflet est enfoncé dans un Fluide quelconque, de maniere, qu'il ne puisse pas pénétrer dans sa cavité, le poids du Fluide qui est au-dessus, cause la résistance qu'on sent quand on en écarte les Aîles; si donc nous appliquons cette regle générale à un Fluide particulier, tel que l'air; nous pouvons dire que quand un soufflet sera bouché, de maniere que l'air ne puisse pas entrer dedans, le poids de la masse d'air qui sera au-dessus, fera sentir de la résistance, quand on en voudra écarter les Aîles; & qu'on cessera d'en appercevoir sitôt qu'on laissera entrer l'air.

Ce qui a été dit sur cet effet , peut servir pour tous les autres , sur lesquels je ne m'étendrai pas comme sur celui-ci.

On a vû dans la premiere semaine , que la pression d'un Fluide peut produire des effets semblables à ceux des Seringues , Pompes , Syphons , Marbres polis , &c j'en ai fait l'application à l'air en même-temps ; je n'insisterai donc pas là-dessus davantage. C'eût aussi été le lieu de rapporter l'Expérience du soufflet , qui ne s'exécute pas aussi aisément qu'on l'a décrit ; quoiqu'il en soit , la description peut servir au moins à rendre évidente la conclusion qui en a été tirée par M. *Pascal* ; car ceux qui ont la moindre connoissance de l'Hydrostatique , voyent évidemment que l'effet y répondra nécessairement.

On peut dire aussi la même chose de l'Expérience suivante , proposée par le même Auteur pour expliquer l'effet des Ventouses. Il suppose un Tube de 20 pieds de long , ouvert par ses deux extrémités , dont l'orifice inférieur seroit élar-

gi en forme d'entonnoir, & appliqué sur la cuisse d'un homme assis dans l'eau à une profondeur considérable, & dont l'autre extrémité seroit hors de l'eau; en sorte que la seule partie enfermée sous cet entonnoir fut exempte de la pression de l'eau: dans ce cas, dit cet illustre Auteur, la partie enfermée sous le Tube seroit considérablement tumescée.

Or il est clair que cette tumeur n'est pas causée par l'horreur du vuide, puisque le Tube est ouvert par en haut, & qu'il n'arriveroit rien de semblable s'il n'y avoit point, ou seulement très-peu d'eau sur tout le reste du Corps; il est donc très-certain que cet effet dépend uniquement de la pesanteur de l'eau, car si elle presse toutes les autres parties du Corps à la réserve seulement, de celle qui est renfermée sous le Tube, à laquelle elle ne sçauroit toucher, elle obligera le sang & les autres parties capables de céder, à s'élever, où il y aura moins de pression, ce qui causera une tumeur.

Ce qui a été dit de la pression de

l'eau , se trouvera également vrai pour tout autre Fluide , par conséquent la pression de l'air peut causer une semblable tumeur , si elle est plus grande sur les autres parties du Corps , que sur celle qui est dans la Ventouse ; & elle l'est effectivement , car l'air de la Ventouse ayant été très-raréfié , & chassé en partie par la chaleur , son ressort se trouve bien affoibli , quand il s'est remis à la même température , & par conséquent agit moins sur la partie renfermée dans la Ventouse , que l'air extérieur ne fait sur les autres parties.

Il est inutile , à ce que je crois , d'expliquer à présent comment on fait monter l'eau , quand on y met la bouche & qu'on suce ; car il est clair que l'air extérieur pèse sur toute la surface de l'eau , excepté sur la partie qui est couverte par la bouche : & quand les muscles de la respiration viennent à élever la poitrine & en augmentent la capacité , l'air intérieur se trouvant dans un plus grand espace qu'auparavant , conserve moins de force

pour résister à l'eau & à l'air extérieur qui presse pour la faire entrer ; c'est encore ainsi qu'on explique l'attraction , ou succion d'une liqueur au travers d'un Tuyau , ce qui differe très-peu de l'effet de la Seringue ; de même l'enfant qui tette à la mamelle de sa nourrice , en tire le lait par le moyen de la pression de l'air qui s'étend de tous côtés sur la mamelle , excepté sur la partie que l'enfant couvre de sa bouche ; enfin c'est par la même raison , que l'air entre dans les poumons quand on respire ; car à mesure que la poitrine se dilatte , l'air entre dedans par le poids de l'Atmosphère ; ce qui est si intelligible & si naturel , qu'il est étonnant que des Physiciens aient été chercher l'horreur du vuide , & penser à des qualités occultes & autres causes chimériques.

On peut ainsi faire voir , que tous les autres effets qu'on avoit autrefois attribués à l'horreur du vuide , dépendent de la pression de l'air , c'est ce qui paroîtra évidemment à ceux qui ont quelques

principes d'Hydrostatique , & qui font convaincus que l'air est pesant ; ce que j'ai suffisamment prouvé , à ce que je crois , & que je confirmerai de plus en plus dans la suite.

Mais comme le poids de l'air n'est pas infini , & qu'il a ses bornes , aussi les effets qui en dépendent sont-ils limités ; ainsi une Pompe ne peut pas élever l'eau à toute sorte de hauteur. Nous sçavons qu'une colonne d'eau de 34 pieds , fait équilibre avec la pression de l'Atmosphère ; c'est donc la plus grande hauteur à laquelle l'air puisse élever l'eau dans une Pompe. Cependant quand il est un peu plus pesant qu'à l'ordinaire , l'eau monte un peu plus haut , mais rarement va-t'elle jusqu'à 36 pieds ; de même l'eau ne s'élève pas tout-à-fait à 34 pieds quand l'air est un peu plus léger qu'à l'ordinaire , mais elle est toujours au-dessus de 32.

Si le Phénomène de la Pompe dépendoit de l'horreur du vuide , comme on le croyoit avant le temps de Galilée ,

L'eau devoit monter continuellement : car pourquoi la nature ne conserveroit-elle pas son aversion pour le vuide au-delà de 32 pieds ? aussi ceux qui soutenoient ce sentiment , affuroient que l'eau pouvoit monter à toute sorte de hauteur. Mais Galilée ayant observé qu'il y avoit des bornes au-delà desquelles l'eau ne pouvoit s'élever davantage , il en prit occasion d'attaquer la doctrine de l'école sur l'horreur du vuide , qui commença dès-lors à devenir très-suspecte , & à sa place il substitua heureusement la pesanteur de l'air ; ce n'étoit encore qu'une hypothese , puisqu'elle n'étoit pas confirmée par les Expériences qu'imagina quelques temps après son disciple *Torricelli* , & les autres Physiciens qui l'ont suivi , particulièrement notre illustre *M. Boyle*.

Ce qui a été dit des Pompes , doit aussi s'entendre du Syphon. On a cru d'abord qu'on pourroit conduire l'eau sur les plus hautes montagnes , par le moyen de cet instrument , si le lieu dans lequel elle se déchargeoit , étoit plus bas que

## 204 LEÇONS DE PHYSIQUE

le réservoir ; mais nous sommes à présent assurés du contraire par des Expériences réitérées : l'eau ne s'élève pas plus dans le Syphon, que dans les Pompes , c'est-à-dire au-dessus de 34 pieds , puisque la pression de l'air produit ces deux effets.

Comme l'adhérence des Marbres polis vient aussi de la pression de l'air , la force nécessaire pour les séparer, a les mêmes limites, voici comme on les calcule. Puisque la force nécessaire pour les séparer est au moins égale à celle qui les unit , c'est-à-dire à la pression de l'air , & que cette pression est égale, au poids d'une colonne de vif-argent de même base, & d'environ  $29\frac{1}{2}$  pouces de haut, il suit que la force nécessaire pour séparer les Marbres polis, doit être au moins égale au poids d'un cylindre de vif-argent de  $29\frac{1}{2}$  pouces de hauteur, & qui auroit la surface d'un des Marbres pour base.

Sur ces principes, je trouve que la force nécessaire pour séparer les nôtres, est égale à un quintal  $\frac{3}{4}$ , & celle qui est ca-



pable de séparer ceux de cuivre qui sont plus petits , est égale à peu près à 73 liv. en supposant qu'ils sont bien polis , & si bien appliqués l'un à l'autre , que rien ne puisse pénétrer entre deux : mais comme ils n'ont jamais cette perfection , une moindre force est capable de les désunir.

---

### ONZIÈME LEÇON.

*Phœnomènes des Tuyaux Capillaires , Glaces Plaines , & autres semblables. Examen de la figure qu'affectent les superficies des Fluides dans plusieurs circonstances.*

**N**OUS voici arrivés à une matière remplie de difficultés , & que plusieurs Philosophes modernes ont envain tenté d'expliquer. Pour rendre raison de ces Phœnomènes si extraordinaires , ils ont imaginé plusieurs hypothèses , qu'ils auroient reconnu pour de pures fictions , insuffisantes en bien des cas , s'ils s'étoient donné la peine de les examiner avec attention.

## 206. LEÇONS DE PHYSIQUE

Presque tous ont cru que la pression inégale de l'air sur la liqueur du Tuyau, & sur celle du vaisseau dans lequel on le plonge, est la cause de son élévation dans le Tuyau ; car, disoient-ils, si la pression de l'air sur la liqueur qui est dans le Tuyau, est moindre que celle qui est dans le vaisseau, la liqueur doit s'élever jusqu'à ce que son propre poids, joint à celui de la colonne d'air qui est au-dessus, & qu'on suppose affoiblie, soit égale à la pression de l'Atmosphère qui agit librement sur le vaisseau, & que rien n'empêche. Quoi qu'ils soient tous d'accord en ce point, sçavoir qu'il y a une moindre pression de l'air sur la liqueur du Tuyau, que sur celle du vaisseau, cependant ils attribuent cette inégalité à des causes bien différentes.

Quelques-uns ont recours à la grandeur des particules d'air, & de la liqueur ; d'autres ont cru seulement qu'il y avoit un Cone d'air renversé, dont la pointe étoit à la surface de la liqueur & la base à son orifice, & que ce Cone pressoit par

La pointe la surface qui lui étoit contiguë.

Le Dr *Hook* suppose qu'il se perd dans le Tube une partie de la pression de l'air, par le frottement qu'il croit devoir nécessairement arriver. Enfin il y a encore beaucoup d'autres opinions qui ne valent pas la peine d'être relevées ; j'aime mieux m'attacher à découvrir, si je peux, la vérité, qu'à compter les imaginations & les rêveries de ceux qui me paroissent s'être trompé.

L'hypothèse du Dr *Hook* a certainement la plus grande apparence de probabilité ; c'est aussi ce qui l'a fait recevoir avec tant d'applaudissemens : elle peut donc valoir la peine d'être examinée. Il tâche de prouver cette inégalité de pression par le moins d'*Affinité*, qu'il dit y avoir entre l'air & le verre, qu'entre le verre & l'eau : par *Affinité*, il entend la propriété qu'ont les particules d'un Fluide de s'unir entr'elles, ou a certains Corps préférablement à d'autres ; & par *Mes-affinité*, il entend le peu de disposition qu'ont deux Corps à s'unir ensemble.

## 108. LEÇONS DE PHYSIQUE

ble , ainsi fans parler de plusieurs esprits ou huiles chymiques , qu'on mêleroit difficilement , ou peut-être point du tout : nous pouvons observer tous les jours , des gouttes de pluies qui traversent l'air sans s'y mêler , & des bulles d'air qui sont quelquefois entraînées sous l'eau , ou bien des gouttes d'huile d'olive qui nagent sur sa surface. Nous n'avons pas besoin de chercher d'autres preuves de la *Mes-affinité* des liquides.

Il y a long-temps qu'on connoît ces deux qualités d'*Affinité* & de *Mes-affinité* des liquides , avec plusieurs especes de Corps solides , sous le nom , de *sécheresse* & d'*humidité* , quoi que ces deux derniers noms ne soient pas à mon avis assez généraux , ne servant communément , qu'à signifier l'adhérence , ou la non-adhérence de l'eau aux Corps solides. Ainsi nous pouvons observer que l'eau mouille plus facilement certains bois que d'autres ; qu'en faisant tomber quelques gouttes d'eau , sur une plume , une feuille de chou , &c. en un mot , sur quelque surface

Face poudreuse, résineuse, onctueuse, elle ne s'arrête pas sur ces surfaces, mais roule plutôt dessus, comme si c'étoit une boule solide; au lieu que s'il en tombe une goutte sur du linge, du papier, de la terre glaise, du bois verd, &c. elle s'imbibe aussi-tôt dans ces Corps: de même le vif-argent qui s'attache difficilement aux matieres vegetales, s'attache aisément, s'unit, s'incorpore avec les substances purement métalliques.

La cause qu'il donne de cette *Affinité* & *Més-affinité* des Corps, est que tous les Fluides ont un mouvement de vibration, occasioné par la chaleur; par ces secousses, les parties des Corps étant dégagées les unes des autres, sont aisément mises en mouvement, & deviennent Fluides. Si on mêle dans un grand plat, plusieurs especes de sables, & qu'on les remuë en tout sens, nous verrons que par une violente agitation le sable fin se séparera des petites pierres, & des autres Corps grossiers qui se ramasseront dans un tas; & s'il y a parmi, d'autres Corps

d'une nature différente, ils se sépareront aussi d'eux-mêmes dans un autre endroit. De même le Dr *Hook* suppose que les vibrations causées par la chaleur, agitent les petites parties de matière, & que celles qui sont de la même grosseur, figure, & du même tissu, doivent s'arrêter ou se mouvoir ensemble ; celles, au contraire, qui sont d'une espèce différente, doivent se séparer des autres, au bout d'un certain temps. Ce qu'il dit des Fluides, il l'applique aussi aux solides, auxquels il donne un pareil mouvement de vibration. Telle est son explication d'*Affinité* & de *Més-affinité*.

Si donc nous accordons, comme nous le pouvons sans peine, que l'eau a plus d'*Affinité* avec le verre, que n'en a l'air, il s'ensuivra que l'eau entrera plus aisément que l'air, dans la cavité d'un Tuyau capillaire. Il rend la chose plus intelligible par la comparaison d'un ressort circulaire, il faut, dit-il, une pression extraordinaire sur deux points diamétralement opposés pour le réduire dans une

## EXPERIMENTALE. 211

Forme ovale, & le faire entrer dans un trou d'un moindre diamètre ; de même pour changer la Figure sphérique des molécules d'air, pour qu'elles puissent entrer dans le Tube de verre, avec qui elles ont de la *Més-affinité*, il faut qu'elles soient plus pressées par deux points diamétralement opposé, & réduites en ovale, & pour entrer dans un trou de moindre diamètre, il faut une plus grande pression contre tous les autres côtés, ce que l'Expérience confirme ; d'où il conclut que cette partie de la pression de l'Atmosphère étant ôtée, & employée à faire entrer l'air dans la cavité étroite du Tuyau capillaire, le reste a moins de force pour empêcher l'élévation de l'eau que cause la pression libre, & non interrompue de la colonne extérieure, sur l'eau du vase ; & comme cette diminution de pression est plus considérable dans un Tuyau plus capillaire, la résistance de la colonne d'eau en deviendra moindre, & la liqueur montera plus haut.

C'est ainsi que le D<sup>r</sup> Hook explique

## 212 LEÇONS DE PHYSIQUE

ces Phœnomenes ; on peut en apprendre davantage , en lisant le Chapitre 6. de son excellente *Micrographie*. Elle paroît d'abord très-satisfaisante , & c'est ce qui lui a acquis un grand nombre de défenseurs ; cependant je ne sçaurois me résoudre à adopter cette opinion , & ce qui m'en empêche , c'est que j'ai trouvé par Expérience , & bien d'autres l'avoient trouvé avant moi , que les liqueurs ne montent ni plus ni moins dans les Tuyaux capillaires , sous le récipient de la machine Pneumatique. Or si la différence des pressions de l'air sur la surface de la liqueur dans le Tuyau , & sur celle du vaisseau , étoit la véritable cause de cette élévation , on seroit bien embarrassé d'expliquer pourquoi la même élévation arrive dans le vuide , puisqu'alors l'air ne presse ni sur la liqueur du vaisseau , ni sur celle du Tube.

On pourroit répondre , que nous ne vuidons jamais exactement l'air du récipient , & que malgré tous nos efforts il en reste toujours une quantité suffisante ,



**P**our produire cet effet ; examinons donc si cette quantité qui demeure malgré tous nos efforts , est effectivement suffisante. Il est raisonnable de croire , que comme la quantité d'air qui étoit sous le récipient est diminuée , la pression de l'air tant sur la liqueur du vase , que sur celle du Tuyau , doit diminuer à proportion , & par conséquent leurs différences doivent aussi diminuer.

Si donc cette différence est la cause de l'élevation de la liqueur dans le Tuyau , comme le prétendent ceux qui tiennent encore au sentiment du Dr *Hook* , puisqu'elle diminuë à mesure qu'on pompe l'air , l'élevation doit aussi diminuer , ce qui n'arrive pas ; donc cette différence n'est pas la cause de l'élevation : si on conteste contre toute raison , que cette différence des deux pressions ne doit pas diminuer à mesure , qu'on vuide l'air du récipient , on peut aisément démontrer que cela doit être , & même que la pression de tout l'air qui reste dans le récipient , quand on a bien pompé , n'est pas

capable de soutenir la liqueur dans le Tube à la hauteur à laquelle elle monte , si le Tuyau est bien étroit , ni par conséquent cette différence , à moins qu'on ne puisse prouver , que la partie est plus grande que le tout.

L'Expérience des Tuyaux capillaires dans le vuide , nous autorise donc à nous méfier de cette inégalité de pression , qu'on prétend être la cause de l'élévation des liqueurs , elle nous fait voir même qu'il n'y a point d'inégalité dans les pressions , car s'il y en avoit , la différence s'en feroit appercevoir , puisqu'en se joignant à la cause qui élève l'eau dans les Tuyaux capillaires ( quelle qu'elle soit , ) elle feroit élever l'eau plus haut dans l'air libre , que dans le vuide.

Mais je ne sçaurois me dispenser de faire voir encore *à priori* , que cette inégalité de pression ne sçauroit avoir lieu , malgré la force considérable qu'on dit être nécessaire pour faire entrer l'air dans ce Tuyau. La partie de l'Atmosphère qui est au-dessus du Tuyau , y pousse l'air de

Haut en bas, & d'un autre côté la liqueur du Tuyau le repousse de bas en haut ; or ces deux forces doivent être nécessairement en équilibre , autrement l'air enfermé dans ce Tuyau , resteroit plus haut ou plus bas , jusqu'à ce qu'enfin il eut gagné ce point d'équilibre ; concluons donc que la force avec laquelle la liqueur repousse l'air , est égale au poids de la partie de l'Atmosphère qui est au-dessus , & par conséquent que cette liqueur est déterminée en bas , par l'air qui lui est contigu , avec une force équivalente au poids de cette même partie de l'Atmosphère ; car si elle étoit poussée en bas , par une force moindre que celle qu'elle a pour s'élever , elle monteroit encore plus haut. Chaque égale partie de la surface de la liqueur dans laquelle on plonge le Tuyau , est aussi pressée par le poids d'une égale partie de l'Atmosphère ; la liqueur contenue dans le Tube , est donc exposée à une pression égale à celle de la liqueur du vaisseau. J'ai par conséquent prouvé doublement , que l'inégalité des pressions de

## 216 LEÇONS DE PHYSIQUE

l'air n'est pas la cause de l'élévation de la liqueur dans les Tuyaux capillaires.

On pourroit encore ajoûter , que la difficulté que trouve l'air à s'introduire dans un canal aussi étroit, que celui d'un Tuyau capillaire , est si peu la cause de cette élévation , qu'elle seroit plutôt capable de l'empêcher que d'y contribuer.

Le D<sup>r</sup> *Hook*, auroit pû , à la vérité , expliquer avec quelque vraisemblance , pourquoi la liqueur une fois élevée ne retombe pas : mais l'élévation naturelle de la liqueur détruit manifestement son sentiment ; car la difficulté que l'air trouve à passer par la cavité du Tuyau pour sortir par son orifice , quand il en est chassé par la liqueur qui s'élève , devoit apporter plus de résistance à cette élévation dans un Tuyau capillaire , que dans un autre beaucoup plus large , dans lequel le poids de l'Atmosphère agiroit pleinement.

Je ne veux pas m'arrêter ici à examiner si on pourroit admettre son hypothese des *Affinités & Més-affinités* ; j'avouë que je ne vois point la nécessité de supposer

**Les** particules des Corps , tant solides que Fluides , dans un mouvement de vibration continuel , plutôt que dans tout autre mouvement. Il peut bien arriver , à la vérité , que par les mouvemens accidentels de l'air , les parties des Fluides puissent rarement rester en repos : mais qu'un mouvement perpétuel & intestin , soit essentiel aux Fluides , c'est ce qui n'a pas encore été démontré , que je sçache , quoi que bien des gens se soient efforcés de le faire.

Je viens de vous faire voir qu'on n'a pas connu la véritable cause des effets des Tuyaux capillaires : voyons maintenant si nous ne pourrons pas la découvrir. C'est une observation très-commune , qu'une goutte d'eau s'attache intimement à la surface d'un morceau de verre & d'une infinité d'autres Corps , & qu'elle y reste suspendue , même après qu'on a renversé cette surface , malgré son propre poids qui fait continuellement effort pour l'en séparer ; or puisque cet effort est anéanti par quelque cause , nous

ne devons pas avoir de scrupule de l'attribuer à l'attraction mutuelle de l'eau & du verre. Il est évident que l'*Affinité* dans le sens du Dr *Hook* n'est pas suffisante, pour empêcher la goutte de tomber par son propre poids, il faut quelque chose de plus qu'une simple *Affinité* pour surmonter cette force ; ce que j'appelle *Attraction*, chacun peut lui donner, s'il le juge à propos, un autre nom ; je n'entens autre chose, par ce mot d'*Attraction*, qu'une puissance (quelle qu'elle soit) en vertu de laquelle les Corps tendent à s'unir les uns aux autres.

On attribue communément cette adhérence de l'eau au verre, à la pression de l'Atmosphère ; nous avons bien vû que cette pression est capable de retenir les Marbres polis, & qu'il a fallu une force considérable pour les séparer ; mais auparavant il a fallu chasser l'air d'entre ces deux surfaces polies. Or le verre attire une goutte d'eau, sitôt qu'il la touche par sa partie supérieure, quoiqu'il y ait de l'air intercepté entre deux immédiatement au .

moment de l'attraction ; ce qui nous fait donc voir , que le cas est très-différent de celui des Marbres polis ; nous pouvons aussi nous convaincre par le moyen de la machine Pneumatique , que cette adhérence ne vient pas de la pression de l'air , puisque le même effet arrive sous le récipient quand l'air en est pompé.

Il est donc certain ( quelle qu'en soit la cause , que je ne prétens pas déterminer , ) qu'il y a une attraction entre l'eau & le verre , comme aussi entre le verre & plusieurs autres liqueurs : & comme nous voyons plusieurs Corps s'attirer , nous en voyons aussi d'autres se repousser ; c'est ainsi que nous avons vû les particules d'air s'éloigner les unes des autres , avec une force réciproquement proportionnelle à leurs distances , & composer un Fluide élastique , dont la densité est toujours comme la force qui le comprime ; de même il est très-vraisemblable , que l'air tend à s'éloigner de plusieurs Corps solides , & que plusieurs autres Corps , tant solides que Fluides , paroissent se re-

pousser les uns les autres , & c'est sans doute ce que le D<sup>r</sup> *Hook* a entendu par *Més-affinité*.

On peut voir des exemples de cette répulsion dans la question 31. de l'Optique de M. *Newton* , que je me dispenserai de rapporter. Ceux qui liront cet excellent Ouvrage , trouveront à ce que je crois , dans ce petit nombre de pages , plus de bonne Physique , que dans tous les volumes qu'on a publiés jusqu'ici.

Mais pour revenir à notre goutte d'eau , vous remarquerez que la force attractive , dont je viens de vous parler , n'est pas infinie ; car si la goutte est trop grosse , elle tombera , la force de son poids qui tend à la séparer , étant alors plus grande que la force attractive qui la retient. Quand la partie de la surface du verre qui touche la goutte est plus large , elle en supporte une plus grosse , car une plus grande surface a plus de vertu attractive.

Il est aisé d'appliquer ce que je viens de dire d'une surface plane , à la surface concave d'un Tuyau capillaire : on voit



## *EXPERIMENTALE.* 221

très-évidemment , que celle-ci ne doit attirer comme l'autre qu'une quantité déterminée de liqueur : ici la surface attirante entoure la goutte de tous côtés , ce qui lui donne plus d'avantage pour la soutenir ; or à mesure que le diamètre du Tuyau diminue , cet avantage augmente ; car on sçait que les surfaces des Cylindres ont une proportion d'autant plus grande à leur capacité , que leurs diamètres décroissent davantage , puisque les surfaces décroissent seulement comme les diamètres , tandis que les capacités décroissent en raison doublée de ces mêmes diamètres ; d'où il arrive que l'eau est d'autant plus élevée que le diamètre du Tube est plus petit , ou qu'il est plus Capillaire ; ce que je voulois principalement expliquer. Il suit évidemment de ces principes , que l'effet doit être le même dans le vuide , que dans l'air libre ; que quand on retire le Tuyau du vaisseau dans lequel il plonge , il doit y rester la même quantité de liqueur. Enfin , que si on ap-

plique à l'orifice de ce Tuyau, quand on l'a ainsi retiré du vaisseau, un morceau de verre qui touche la liqueur, elle descendra aussi-tôt par l'attraction de ce nouveau morceau de verre.

On peut encore expliquer par les mêmes principes, les Phœnomenes des Syphons capillaires, la liqueur monte au haut de la courbure par l'attraction, & redescend ensuite par son propre poids le long de l'autre branche; il seroit ennuyeux de descendre dans un détail plus particulier des autres Phœnomenes, l'application de ce que je viens de dire, est si aisée à faire, qu'il est impossible de s'y tromper.

La raison des différentes Figures qu'affectent les surfaces des liquides, est très-naturelle, & dépend des mêmes principes; l'eau affecte une surface concave dans les Tuyaux de verre, parce que les parties de cette surface qui sont proche les côtés du Tube, sont attirées par le verre: & le vif-argent affecte une surface

connexe , parce qu'il est repoussé par le verre. (a) Cette répulsion est aussi la cause de ce que le mercure ne monte pas jusqu'au niveau , dans les Tuyaux capillaires , au lieu que l'eau s'élève plus haut.

Si on met deux liqueurs dans un même Tuyau , & que toutes deux soient également attirées sur les côtés du Tube , leur commune surface fera un plan. Si une de ces liqueurs est plus attirée que l'autre , elle aura une surface concave , & par conséquent celle qui le sera moins l'aura convexe ; ainsi une liqueur dont la surface est concave , quand elle est exposée à l'air , en prend une convexe quand elle est dans un Tube , avec une autre liqueur qui est plus fortement attirée par le verre.

Il n'est pas difficile de concevoir que les Expériences que nous avons faites sur le mouvement des Corps flottans ,

(a) Cette répulsion n'est pas réelle , mais seulement apparente ; car le Docteur *Jurin* a démontré que le verre attire les particules du vif-argent , mais moins vivement qu'elles ne s'attirent entr'elles ; & sur ce principe il a expliqué clairement les Phœnomènes du vif-argent dans les Tuyaux capillaires , & des glaces planes. Voyez l'*Appendix*.

## 224 LEÇONS DE PHYSIQUE

dépendent d'une pareille cause ; ceux qui voudront s'instruire davantage sur ces fortes de matieres , pourront lire le Livre du mouvement des Eaux de M. *Mariotte* , ou le 4<sup>e</sup> Livre de la Philosophie du College de Bourgogne , par M. *Duhamel*.

Nous pouvons aisément comprendre, par ce qui a été dit de l'élévation des liqueurs dans les Tuyaux capillaires , comment se font les filtrations de toute sorte , pourquoi si on emplit un Tube de sable ou de cendres bien criblées & bien pressées , & qu'on en plonge un des bouts dans l'eau , le sable ou les cendres attireront l'eau , & l'élèveront à une hauteur considérable au-dessus du niveau de celle qui est dans le vaisseau ; \* de même si

\* On a rempli de cendres passées au tamis , & bien pressées , un Tuyau de verre d'environ 4 pieds de long & d'un pouce de diamètre ; on a plongé dans l'eau une de ses extrémités , elle s'est élevée rapidement d'abord , & se ralentissant peu à peu , elle étoit au bout de quelques semaines à 40 pouces au-dessus du niveau de l'eau du vase.

On peut voir une Expérience semblable de M. *Hales* , sur la force avec laquelle les cendres & le *nimum* attirent l'eau *statique des Veget. trad. par M. de Buffon*.

on

On mouille un morceau de papier, une éponge, une mie de pain, un morceau de sucre, un fil, & bien d'autres substances par une de leurs extrémités, l'humidité se communiquera dans toute leur étendue par la force de l'attraction.

C'est encore la cause de l'élévation de l'esprit de vin, de l'huile, de la cire, & du suif dans la mèche des lampes ou des chandelles; & il est très-raisonnable de croire que c'est aussi la cause de l'élévation de la sève dans les plantes, des différentes secretions dans les glandes des animaux, & de plusieurs autres effets qu'on peut bien imaginer.

---

## DOUZIÈME LEÇON.

*Description de la machine Pneumatique, & de la Pompe à condenser, avec un détail abrégé de leurs principales opérations.*

**A**PRE'S avoir établi sur des Expériences convenables, les vérités fondamentales de l'Hydrostatique, & vous

P

avoir fait connoître les principales propriétés des Fluides en général : nous sommes entrés dans un examen particulier de la nature & des propriétés de l'air. Comme ce Fluide a été créé par la Divine providence , pour servir d'une infinité de manieres , à ses vûes & à ses desfeins , & que sa sagesse lui a donné une influence utile & générale sur tout le système de la nature : nous nous sommes particulièrement attachés à le bien connoître , comme méritant tous nos soins , & notre attention la plus scrupuleuse.

Je vous ai prouvé , à ce que je crois , sans crainte de contradiction , au moins raisonnable , que ce subtil Élément n'a point de privilege capable de le soustraire à la Loi générale de la pesanteur , à laquelle il paroît ( autant qu'on en peut juger par les Observations qu'on a faites jusqu'à présent , ) que toute la matiere est également assujettie. C'est en vertu de cette pesanteur , & de sa fluidité , que l'air nous présente tous les Phénomènes des Corps fluides & pesants , comme je vous

J'ai fait voir, en comparant ceux du Tube de *Toricelli*, des Pompes, Seringues, Syphons, Marbres polis, &c. avec les effets les plus ordinaires, & les moins surprenants des autres Fluides plus grossiers, tels que l'eau & le vif-argent.

Nous avons encore vû, que l'air a une vertu Elastique qui le fait tendre à acquérir de plus grandes dimensions, & à éloigner tous les obstacles qui l'environnent; que cet effort devient d'autant plus grand, que les bornes dans lesquelles il est resserré sont plus étroites, ou que ses parties sont plus rapprochées les unes des autres; & comme s'il devenoit plus jaloux de sa liberté à mesure qu'on le comprime, la force qu'il oppose pour défendre cette liberté, c'est-à-dire, sa force Elastique, est toujours proportionnelle à son rétrécissement ou à sa densité, comme l'Expérience nous l'a fait connoître.

Cette propriété nous a fourni une méthode pour déterminer sa raréfaction à toute sorte de distances de la surface de la Terre. Vous pouvez vous ressouvenir

que j'ai démontré, que quand sa hauteur croissoit par des intervalles égaux, c'est-à-dire en progression Arithmétique, ses degrés de rareté augmentoient en progression Geométrique.

Ces affections de l'air, & d'autres dont je ne parle pas ici, on vous les a démontrées dans la semaine précédente; mais les preuves dont nous nous sommes servis, quoiqu'elles aient paru plausibles & convaincantes, à ceux qui sont capables de leur donner une attention particulière & exempte de prévention, sont cependant de nature à pouvoir donner lieu à bien des petites chicanes, & à des Objections, de la part de cette sorte de Philosophes que les préjugés, dont ils sont esclaves, excitent toujours à contrarier.

D'ailleurs les conséquences éloignées, tirées d'une longue suite de raisonnemens, font des impressions bien plus légères, que celles qui sont occasionnées par des objets qui frappent immédiatement nos organes : particulièrement sur l'esprit des gens qui ne sont point accoutumés aux



Speculations abstraites , mais qui se laissent persuader par les motifs les plus légers , & les moins différents de ces idées vulgaires , qu'on est toujours prêt à se former sur les premières apparences.

Nous allons traiter dorénavant un genre d'Expériences , qui ne sera pas sujet aux Objections dont je viens de vous parler ; elles entraînent avec elles , une entière évidence , qui fait qu'elles suffisent pour nous satisfaire entièrement sans le secours de cette chaîne de conséquences.

C'est pourquoi je ne perdrai plus ni mon temps , ni ma peine en longs raisonnemens & en discussions désormais inutiles. Je me dispenserai dans les Leçons qui me restent à faire , de vous parler de bien des choses , quand la matière aura déjà été traitée précédemment , qu'elle sera d'elle-même si évidente qu'elle n'aura pas besoin d'être éclaircie , ou bien , ( & ce qui m'arrivera quelquefois ) quand je désespérerai moi-même de connaître la véritable cause des Phénomènes dont il s'agira ; je ne m'arrêterai point.

## 230 LEÇONS DE PHYSIQUE

alors à chercher des détours, ni à vouloir amuser par des conjectures vraisemblables, non plus que par des hypothèses joliment imaginées.

Il n'y a pas longtemps que cette méthode étoit encore très-suivie, mais nous l'avons heureusement vû céder à une manière de philosopher, plus sûre & plus certaine. Il n'est pas difficile à des gens d'esprit, & qui en ont tout le loisir, d'imaginer des Principes de Physique capables d'expliquer quelques Phœnomènes particuliers. Mais les Theories qu'ils ont ainsi enfantées, doivent être toujours regardées comme des Romans Philosophiques, comme des fictions ingénieuses, ou bien comme les fruits d'une imagination féconde, jusqu'à ce qu'on puisse démontrer la vérité & l'existence de ces principes, & ôter lieu à toute dispute par de bonnes & solides Expériences. Mais si on ne sçauroit y réussir, le meilleur moyen d'éviter toute erreur & de se mettre à l'abri des préjugés, c'est d'attendre que quelque Observation nous apporte

les éclaircissemens nécessaires.

L'esprit de l'homme cherche naturellement à se satisfaire, il veut saisir quelque objet, & auquel il puisse se fixer; il est inquiet, quand il se croit obligé d'errer longtems dans les doutes, c'est ce qui le détermine à se laisser aller si volontiers à l'apparence de quelque belle hypothese, plutôt que de continuer à rester dans ce qu'il s'imagine être le comble de l'incertitude. Mais outre que ces conséquences précipitées & mal établies, marquent une petitesse & une legereté d'esprit : en courant après l'ombre avec tant d'empressement, on perd assez ordinairement la substance. En effet, rien n'apporte tant d'obstacle à l'établissement d'une vérité qu'on nous propose, que ces phantômes favoris dont nous nous repaifons l'imagination, & que l'habitude nous fait prendre à la fin pour des réalités.

C'est ainsi, que quand la Philosophie de Descartes a commencé à paroître, l'existence de la matiere subtile, a été regardée comme une chose indubitable.

## 232 LEÇONS DE PHYSIQUE

Ses exploits merveilleux & ses opérations admirables , ont pour ainsi dire , envenimé les esprits , & les ont jetté comme dans une espece de Manie ; jusques-là , qu'on a regardé quelques tentatives qu'on a faites pour la réfuter , comme d'une dangereuse conséquence , & tendantes à renverser les plus solides fondemens de la Physique. Nous avons vu jusqu'à *Huyghens* , ce grand Philosophe , qui a manqué les plus belles découvertes par l'affection qu'il portoit à ce principe ; principe qui par je ne sçai quelle subtilité , a pû facilement s'appliquer à la solution des difficultés les plus embarrassantes. On auroit pû raisonnablement s'attendre , que quand ce grand homme , qui paroît avoir été d'un caractère simple & ingenu , après la lecture du Livre des Principes de *M. Newton* , & avoir vu l'heureuse application que cet Excellent Auteur en fait , pour expliquer les mouvemens celestes , & démontrer pleinement l'insuffisance des tourbillons ; on auroit pû , dis-je , s'attendre qu'après tou-

tés ces lumieres, il n'auroit point dû avoir de répugnance à changer de sentiment ; cependant malgré la satisfaction & l'extrême plaisir qu'il témoigne avoir pris , à lire cet Ouvrage admirable , qu'il regarde comme le plus grand effort que puisse faire l'esprit humain ; nous voyons qu'il n'a jamais pû se résoudre à se défaire de ses principes pour en adopter de meilleurs , ni abandonner une hypothese chérie qu'il avoit tant travaillée , & à laquelle il étoit accoutumé depuis si longtemps.

Tel est l'empire des préjugés ! quand une ancienne & mauvaise opinion s'est une fois emparée des esprits , elle obscurcit longtemps l'évidence d'une vérité nouvelle , même bien démontrée. Pour moi je crois qu'il est bien plus sage d'avouer son ignorance , quand la vérité n'est pas encore découverte , que de feindre une vaine habileté , qui ne peut que nous empêcher d'y arriver.

Mais pour en revenir à ce qui nous assemble aujourd'hui , les instruments que

## 234 LEÇONS DE PHYSIQUE

nous allons considérer à présent , & dont nous aurons le plus à faire dans tout le reste de notre cours d'Expériences , sont la machine Pneumatique ou de *Boyle* , & la Pompe à condenser. Ces instruments nous serviront à faire un grand nombre d'Expériences , sur les effets de l'air dans tous ses états différents , sçavoir depuis le plus grand degré de densité , que nous soyons capable de lui donner , jusqu'à une raréfaction presque infinie.

La Pompe à condenser est un instrument si naturel , qu'il étoit presque impossible , qu'il échappât à la curiosité de ces derniers temps ; il y a si longtemps qu'il est en usage , que je ne prétens pas déterminer son origine. La machine Pneumatique , fut inventée quelques temps avant l'année 1654. par *Otto de Guericke* , Consul de Magdebourg , qui la mit le premier en usage. On trouve que cet Excellent homme étant cette année-là employé dans quelque négociation publique à la Diette de Ratisbonne , y fit voir sa machine à l'Empereur & à quelques au-

tres Princes de l'Empire , entr'autres à l'Archevêque de Mayence ; ce Prélat fut si charmé de l'invention de cet instrument & des Expériences curieuses qui furent faites en sa présence , qu'il eut aussi-tôt envie d'en avoir une semblable , pour faire lui-même de pareilles Expériences , mais le peu de séjour qu'il fit à Ratisbonne , & le défaut d'un Ouvrier assez habile , firent qu'il ne satisfit pas cet envie. Cependant il engagea *Otto de Guericke* à venir chez lui , & à faire apporter sa Machine en son Palais de Wurtzbourg ; c'est là que le sçavant & industrieux Pere *Schott* Jesuite , qui professoit les Mathematiques dans cette Université , & plusieurs autres Sçavans , la virent pour la premiere fois. L'Archevêque prenoit plaisir à leur donner lui-même l'explication de la Machine , & le détail des Expériences que l'Auteur avoit faites à Ratisbonne ; elles furent répétées plusieurs fois en sa présence , & ils en faisoient tous les jours de nouvelles.

Le bruit de ces premieres Expériences

se répandit aussi-tôt par les grandes correspondances que le Pere Schott entretenoit avec tous les Sçavans de l'Europe: mais cela se fit encore mieux l'an 1657. quand il publia son Livre, intitulé : *Mechanica hydraulico - Pneumatica*, auquel comme dans un Appendix, il a ajouté un détail circonstancié des *Expériences de Magdebourg* (c'est ainsi qu'on les appelloit.) En 1664. il publia sa *Technica curiosa*, dans laquelle on trouve les *Expériences nouvelles*, qu'on avoit faites depuis l'impression de son premier Ouvrage. Enfin, le fameux *Otto de Guericke* s'est déterminé à donner lui-même un recueil complet de ses *Expériences*, dans un Livre qu'il intitula : *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*. Ceux qui sont curieux d'examiner particulièrement la construction de ces premières Machines, & d'observer les différents degrés de perfection qu'elle a acquise successivement, peuvent se satisfaire par la lecture du Livre d'*Otto de Guericke*.

Mais il est temps de parler de ce qui a



été fait dans notre patrie par l'Excellent M. Boyle; & j'ai peur qu'on ne m'accuse de lui faire injure, en attribuant l'invention de cette Machine à un Etranger.

La machine Pneumatique a été si généralement connue sous le nom de *Machine de Boyle*, ou *uide de Boyle*, que cela a fait croire à bien des gens, qu'on en devoit l'invention à ce fameux Philosophe Anglois; pour moi je pense que la Machine & l'espace uide, doivent avec justice porter le nom de M. Boyle, puisque, quelqu'en ait été l'inventeur, il y a eu certainement la plus grande part, tant pour l'avoir beaucoup perfectionnée, que pour l'avoir appliquée le premier, à des choses utiles & surprenantes; d'ailleurs, tout le monde est d'accord que la réputation des Expériences faites en Angleterre, a en quelque sorte effacé celles de Magdebourg.

Quand à l'invention de l'instrument, il avoué ingénument qu'il n'en a pas la gloire; dans une lettre écrite deux ans après la publication du Livre du Pere

## 238 LEÇONS DE PHYSIQUE

*Schott*, à Milord de *Dungarvan* son neveu, qui étoit alors à Paris. Je ne sçaurois me dispenser de vous rapporter les termes de cette lettre, afin que vous soyez mieux en état de juger du progrès de ces premières tentatives.

„ Je devrois vous détailler à présent  
 „ l'histoire de mes nouvelles Expériences,  
 „ ces, mais j'aime trop cette belle pensée  
 „ de Plin le Naturaliste. *Benignum*  
 „ *est, & plenum ingenii pudoris, fateri per*  
 „ *quos profeceris*, pour ne pas vous informer  
 „ de ce que j'ai appris sur la Machine  
 „ dont il s'agit.

„ Vous pouvez vous rappeler, que  
 „ quelques temps avant que de vous quitter,  
 „ je vous entretins d'un certain Livre  
 „ publié par le Pere *Schott*, dont j'avois  
 „ entendu parler, mais que je n'avois  
 „ pas encore lû : il étoit rapporté fort au  
 „ long dans ce Livre, comment l'ingénieur  
 „ *Otto de Guericke*, Consul de Magdebourg,  
 „ avoit trouvé, en Allemagne, le moyen de  
 „ vider un vaisseau de verre, en pompant l'air par l'orifice du

vaisseau qui étoit dans l'eau ; vous pouvez aussi vous ressouvenir , que je marquai beaucoup de plaisir à la nouveauté de cette découverte , puisqu'on peut voir par-là , mieux que par toute autre Expérience l'effort que fait l'Atmosphère , tant pour entrer dans un vaisseau vuide , que pour élever l'eau par sa pression ; & quoiqu'il puisse paroître par quelques écrits que je vous avois montrés , que j'avois déjà eu dessein de faire quelque chose de semblable ; cependant quand j'ai considéré qu'*Otto de Guericke* m'avoit prévenu , je me suis crû obligé de reconnaître les secours & les lumières que j'ai tiré de ces nouvelles Expériences.

Mais comme il y a peu d'inventions assez parfaites dans leur origine pour n'être pas sujettes à quelques défauts ; quand j'ai considéré cette Machine avec attention , j'ai remarqué qu'elle en avoit deux considérables. Car premièrement , la Pompe aspirante est si rude , que pour vuider entièrement l'air du

## 240 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ récipient , il faut employer la force de  
 „ deux hommes vigoureux pendant plu-  
 „ sieurs heures : secondement , ce qui est  
 „ un défaut essentiel , comme le récipient  
 „ n'est qu'un globe de verre d'une seule  
 „ pièce avec son goulot , on ne sçauroit  
 „ y faire entrer bien des choses , ce qui  
 „ nous prive d'un grand nombre d'Ex-  
 „ périences & de Phœnomenes très-cu-  
 „ rieux , enforte qu'on n'en peut guère  
 „ espérer d'autres , que ceux qui ont été  
 „ observés par l'Auteur , & qui sont rap-  
 „ portés par le Pere Schott.

„ Pour remedier à ces deux inconvé-  
 „ niens , j'ai engagé M. *Hook* & M. *Gra-*  
 „ *torix* à imaginer quelques Pompes , dif-  
 „ férentes de celle de Magdebourg , &  
 „ qu'il ne fallût point plonger sous l'eau ,  
 „ en un mot , qui fût plus aisée à manier :  
 „ & après quelques tentatives inutiles pro-  
 „ posées par différentes personnes , M.  
 „ *Hook* m'ajusta une Pompe , dont je vais  
 „ vous donner la description. „

Il paroît par cette lettre , que la pre-  
 miere Machine dont s'est servi M. *Boyle* ,  
 est

est de l'invention de M. *Hook* ; elle est certainement beaucoup plus parfaite, que celle que le Pere *Schott* a décrite dans sa *Mechanica-hydraulico-Pneumatica*. Cependant elle avoit encore plusieurs défauts, & n'étoit pas à beaucoup près aussi commode qu'on auroit pû la desirer, particulièrement en ce que l'on ne pouvoit se servir que d'un seul récipient, qui étant toujours fixé à la Machine, devoit être par conséquent très-grand pour servir commodément à toute sorte d'Expériences ; or cette grande capacité du récipient, faisoit qu'il falloit un temps considerable pour le vider, & c'étoit un inconvénient, qu'on ne pouvoit aisément éviter dans beaucoup d'Expériences qui demandoient une prompte évacuation ; c'est ce qui engagea M. *Boyle*, après qu'il eut fait ses premières Expériences, & qu'il les eût publiées dans un Ouvrage en forme de lettre adressée au Vicomte de *Dungarvan* son neveu, sous le titre : *Experimenta Physico mechanica, de vi aëris Elastica & ejus effectibus &c* ; à chercher à

## 242 LEÇONS DE PHYSIQUE

corriger cette Machine , avant que de suivre ses premières idées. On peut voir la description de cette seconde machine Pneumatique , dans la première continuation de ses Expériences Physico mécaniques ; elle n'a comme la première qu'un seul corps de Pompe , mais il est appliqué de façon , qu'il plonge dans l'eau de tous côtés , ce qui empêche le retour de l'air ; les récipients qui sont de différentes figures & grandeurs , posent sur une platine de fer sur laquelle ils sont fixés par le moyen d'un ciment mol , ainsi on en peut changer autant de fois qu'il est nécessaire. Il paroît qu'il n'avoit pas encore pensé à cet expédient si simple , de les fixer à la platine par le moyen d'un cuir mouillé.

Les Expériences rapportées dans la seconde continuation , ont été faites avec une Machine différente des deux premières , elle est de l'invention de M. Papin , qui a beaucoup aidé M. Boyle dans toutes ses recherches ; cette troisième Machine est beaucoup plus parfaite que

La précédente, son avantage consiste principalement en ces deux points. Premièrement, au lieu que la dernière Machine n'avoit qu'un seul corps de Pompe & qu'un seul piston, celle-ci en a deux, aussi-bien que deux corps de Pompe; ces deux pistons qui se haussent & baissent alternativement, font une évacuation d'air continuelle & non interrompue, effet qu'on ne pouvoit espérer avec un seul piston: car dans les autres on ne sçauroit se dispenser d'interrompre l'évacuation de l'air, tandis qu'on remonte le piston vers le fond de la Seringue; mais outre cet avantage de faire l'opération dans la moitié du temps qu'il faudroit employer si l'on n'avoit qu'un seul piston, la peine est aussi considérablement diminuée. Le grand inconvénient qu'on reprochoit aux Machines à un seul corps de Pompe, étoit la grande résistance que fait l'air extérieur sur le piston, quand on l'abaisse, résistance qui augmente à mesure que le récipient se vuide; car l'équilibre de l'air intérieur avec l'exté-

## 244 LEÇONS DE PHYSIQUE

rieur , diminuë toujours de plus en plus ; de sorte que si le corps de Pompe est d'un diamètre un peu considérable , la force d'un homme suffit à peine pour abaisser tant soit peu le piston ; or cette résistance de l'air s'évanoüit entièrement , en employant deux pistons ; ils sont ajustés de façon , que quand l'un monte l'autre descend : par conséquent la pression de l'air extérieur empêche autant l'un de monter , qu'elle aide l'autre à descendre : ainsi ces deux forces se détruisent mutuellement par des effets contraires. Je ne sçau-rois mieux vous faire entendre ceci , que par la comparaison d'une balance ; quand on place un poids dans l'un de ses bassins , on sent de la difficulté à mouvoir le fleau pour faire monter ce poids , & cette difficulté croit à mesure que le poids augmente. Mais si nous mettons un autre poids égal au premier , dans le bassin opposé de la balance , la difficulté à mouvoir le fleau s'évanoüira entièrement , quelque grands qu'on suppose les poids.



Un autre avantage de cette nouvelle Machine, ce sont les valvules : dans les deux autres, quand le piston étoit remon-  
té tout au haut, on étoit obligé de tourner le robinet pour laisser passer l'air du récipient dans le corps de Pompe, & de le fermer quand on vouloit l'en faire sortir, d'ôter la cheville pour le laisser passer, & de répéter cette manœuvre à chaque coup de Pompe ; or les valvules de la dernière Machine suppléent à ce bouchon & au robinet, & sont infiniment plus commodes.

Je ne vous entretiendrai pas plus longtemps des différentes Machines dont on s'est servi, ni de toutes celles dont j'ai vu les descriptions, je n'en ai pas remarqué d'aussi commode à tous égards, que celle dont je viens de parler, qui a été faite par l'excellent Ouvrier *M. Hawksbée*. Je ne sçaurois dire qu'elle est différente de la troisième de *M. Boyle* ; les petits changemens qu'il y a faits la rendent plus commode, ce seroit temps perdu que de vous en faire la description, puisque

## 246 LEÇONS DE PHYSIQUE

vous la voyez devant vos yeux; j'en prendrai successivement les différentes parties, pour vous en expliquer l'usage, aussi-bien que celui de toute la Machine, ce que je vais faire le plus clairement & le plus succinctement qu'il me sera possible (a),

(a) L'Auteur finissoit la Leçon, par la démonstration des parties de la machine Pneumatique.

---

### TREIZIÈME LEÇON.

*Différents degrés de raréfaction de l'air dans la machine Pneumatique, & de condensation dans la Pompe à condenser.*

DANS la dernière séance nous avons examiné les différentes parties qui composent la machine Pneumatique: je peux donc supposer, que vous en connoissez parfaitement la structure & l'usage, & que vous voyez en général les effets qu'elle peut produire; je dis en général, parce qu'il y a quelques effets particuliers dont il me reste à vous entre-

tenir, qui méritent votre attention, & qui serviront à vous former une juste idée des Expériences que nous ferons par la suite. Je vais commencer par la machine Pneumatique, & vous faire voir jusqu'à quel point on peut raréfier l'air contenu dans le récipient.

Il paroît d'abord probable, qu'à chaque coup de Pompe il doit toujours sortir une égale quantité d'air, & par conséquent, qu'après un certain nombre de coups de Pompe, le récipient peut être entièrement évacué; car il faut qu'on m'accorde que le récipient, sera entièrement vuide au bout d'un certain temps, si on évacue à chaque coup de piston une égale quantité d'air, quelque petites que soient ces quantités; ainsi si on fait sortir à chaque coup de Pompe, seulement la millième partie de l'air qu'il y avoit d'abord dans le récipient, il est certain que l'évacuation totale sera faite au bout de mille coups; cela peut, dis-je, paroître probable au premier abord, mais si nous y faisons attention, nous

## 248 LEÇONS DE PHYSIQUE

trouverons , qu'il en arrive bien différemment. Je vais vous prouver en premier lieu , que la quantité d'air qu'on fait sortir à chaque coup de Pompe , n'est pas constamment la même, mais va toujours en diminuant à mesure qu'on continue de pomper : & qu'ainsi on ne peut jamais entièrement évacuer le récipient, quelque effort que l'on fasse , & quelque longtems qu'on employe à pomper, même en supposant la Machine exempte de défauts, & dans la plus grande perfection qu'on la puisse désirer. C'est sans doute un paradoxe , qu'on puisse faire sortir du récipient à chaque coup de Pompe , une certaine quantité d'air, sans qu'on puisse jamais venir à bout de le vider entièrement ; mais j'espère vous convaincre aisément de la vérité de ce que j'avance. Pour ne pas cependant trop rabaisser le mérite de notre Machine, j'ajouterai , que quoiqu'il soit impossible de faire un vuide parfait , cependant nous en pouvons approcher à l'infini. Par un vuide parfait, j'entens seulement un vuid-

de d'air, & non pas un vuide absolu de toute matiere. Car sans parler des autres Corps qui peuvent se trouver dans un récipient vuide d'air ; c'est un fait constant que les rayons de lumiere pénètrent , au travers. Pour démontrer toutes ces propositions , voici un principe que je vais d'abord poser.

La quantité d'air qu'on fait sortir du Récipient à chaque coup de Pompe , est à la quantité que contenoit le Récipient avant le coup , comme la capacité de la Pompe dans laquelle l'air passe en sortant du Récipient , est à la somme des capacités du corps de la Pompe & du Récipient.

Vous pouvez vous rappeler que dans chaque corps de Pompe , il y a deux soupapes , dont l'inférieure est placée au fond , & la supérieure est fixée au piston ; or l'espace qui demeure vuide entre ces deux soupapes , quand le piston est élevé aussi haut qu'il peut aller , est ce que j'appelle *la capacité du corps de Pompe* ; car le reste de l'espace qui est au-dessus du pis-

## 250 LEÇONS DE PHYSIQUE

ton & de la valvule supérieure, n'est d'aucun usage pour vider le Récipient, & par conséquent ne doit être ici compté pour rien. De même par *la capacité du Récipient*, j'entens non-seulement l'espace compris sous le Récipient, mais aussi tous les petits espaces avec lesquels il communique, tels que sont le Tuyau qui va jusqu'à la valvule inférieure, & celui de la jauge mercurielle, ces espaces numériques sont à la vérité très-petits; cependant pour plus grande exactitude, on doit les compter & les regarder comme parties du Récipient.

Maintenant, pour voir la vérité de ce principe, il faut observer, qu'en élevant le piston & l'éloignant du fond de la Pompe, il doit se faire un vuide dans ce nouvel espace, mais ce vuide est prévenu par l'air qui s'y transporte du Récipient; cet air comme vous sçavez fait effort de tous côtés pour se répandre, & occuper de plus grandes dimensions: or il arrive de-là, qu'il ouvre la valvule inférieure, & passe dans la partie vuide du

corps de Pompe que le piston vient d'abandonner, & il doit continuer ainsi à passer jusqu'à ce qu'il soit de même densité dans la Pompe & dans le Récipient : car si sa densité dans le corps de la Pompe étoit moindre que dans le Récipient, sa force Elastique qui est toujours proportionnelle à sa densité, seroit aussi moindre, & par conséquent laisseroit encore passer l'air du Récipient dans la Pompe, jusqu'à ce qu'enfin les densités fussent égales. Ainsi donc l'air qui, immédiatement avant le coup de Pompe, étoit renfermé seulement dans le Récipient & toutes ses dépendances, est à présent uniformément distribué dans le Récipient & le corps de la Pompe : d'où il est clair que la quantité d'air contenue dans la Pompe, est à celle que contiennent la Pompe & le Récipient tout ensemble, comme la capacité de la Pompe, est à celle de la Pompe & du Récipient tout ensemble ; mais l'air que contient la Pompe, est celui-là même qui sort du Récipient à chaque coup, & l'air contenu dans la Pompe

## 252 LEÇONS DE PHYSIQUE

& le Récipient tout ensemble, est celui que contenoit le Récipient immédiatement avant le coup ; donc la vérité de notre regle est évidente, sçavoir que la quantité d'air qu'on fait sortir du Récipient à chaque coup, est à celle que renfermoit le Récipient immédiatement avant le coup de Pompe, comme la capacité de la Pompe, est à celle de la même Pompe & du Récipient pris ensemble.

Pour éclaircir ceci par un exemple, supposons la capacité du Récipient deux fois aussi grande que celle de la Pompe : donc la capacité de la Pompe, est à celle de la Pompe & du Récipient tout ensemble, comme 1 à 3 ; & la quantité d'air qu'on tirera à chaque coup de piston, sera à celle qui étoit dans le Récipient immédiatement avant ce coup, comme 1 à 3, de façon qu'au premier coup de piston, on vuidera le tiers de l'air que contient le Récipient ; au second coup on vuidera le tiers du restant ; au troisième encore le tiers du restant ; au quatrième



de même, & ainsi de suite, la quantité d'air qu'on fera sortir à chaque coup, diminuera dans la même proportion, que la quantité d'air que contenoit le Récipient immédiatement avant le coup.

Car il est évident que la troisième partie, ou quelque autre partie aliquotte déterminée d'une quantité quelconque, décroît nécessairement dans la même proportion que toute la quantité elle-même. En voila assez, je crois, pour prouver ce que j'avois d'abord avancé, sçavoir, que les quantités d'air qu'on fait sortir à chaque coup de piston, ne sont pas égales, mais vont toujours en diminuant.

Je vais démontrer à présent, que la quantité d'air qui reste dans le Récipient après chaque coup de Pompe, diminue en progression Geométrique. J'ai fait voir que l'air qui reste dans le Récipient après chaque coup de Pompe, est à celui qui étoit dans ce Récipient immédiatement avant ce coup, comme la capacité du Récipient, est à la capacité de la Pompe & du Récipient tout ensemble : ou en

## 254 LEÇONS DE PHYSIQUE

d'autres termes , que la quantité d'air du Récipient diminuë à chaque coup de Pompe , en raison de la capacité du Récipient , à celle du même Récipient & de la Pompe jointes ensemble ; chaque reste est donc toujours moindre que le reste précédent dans la même raison donnée , d'où il est clair qu'ils sont tous dans une progression Geométrique décroissante. Appliquons ceci à notre exemple , pour plus grand éclaircissement.

La quantité d'air tirée au premier coup de Pompe étoit la troisième partie de l'air du Récipient : par conséquent le reste étoit les  $\frac{2}{3}$  ; par la même raison , le reste après le second coup , étoit les  $\frac{2}{3}$  du reste précédent , ou  $\frac{4}{9}$  , & ainsi de suite , cette diminution étant toujours dans la même raison de 2 à 3 , par conséquent les quantités restantes décroissent dans une progression Geométrique ; & comme j'ai prouvé ci-devant , que les quantités d'air qu'on évacuë , décroissent en même raison que celles qui restent , il suit que les quantités qu'on fait sortir à chaque coup

de Pompe , décroissent aussi en progression Geométrique ; souvenez-vous donc bien , que les quantités d'air qu'on évacue , ainsi que celles qui demeurent dans le Récipient à chaque coup de Pompe , diminuent dans la même progression Geométrique.

Si les restes décroissent en progression Geométrique , il est certain qu'à force de pomper , on pourra les rendre aussi petits qu'on voudra , c'est - à - dire , qu'on pourra approcher autant qu'on voudra du vuide parfait , mais on voit en même-temps qu'on ne pourra tout évacuer : si on prétend qu'on le peut , voici comme je prouve le contraire.

Avant le dernier coup de Pompe qui devoit achever d'évacuer le Récipient , il faut nécessairement qu'on accorde qu'il y avoit un reste , or ce reste par le dernier coup de Pompe , a dû seulement diminuer dans une raison donnée , comme je viens de le prouver : par conséquent on n'a pû tout évacuer à ce dernier coup.

## 256 LEÇONS DE PHYSIQUE

Il ne sera peut-être pas inutile de vous dire ici quelque chose de l'ascension graduée du mercure dans la jauge, qui nous a servi dans quelques Expériences ; vous avez observé, qu'à mesure qu'on a pompé l'air, le mercure a monté, & s'est approché de plus en plus de la hauteur déterminée du Baromètre, qui comme vous sçavez est d'environ 27 pouces  $\frac{1}{2}$  ; or je vais vous prouver 1°. que le complément de la hauteur déterminée dans la jauge, est toujours proportionnel à la quantité d'air qui reste dans le Récipient, 2°. que la hauteur entière du mercure est comme la quantité d'air évacuée ; enfin, que l'ascension du mercure dans la jauge est proportionnelle, à la quantité d'air qu'on évacue à chaque coup de piston.

Il faut d'abord vous ressouvenir, que la pression de l'Atmosphère sur le mercure de la Cuvette est égale, & peut faire équilibre avec une colonne de mercure de 27  $\frac{1}{2}$  pouces : donc quand le vif-argent n'est pas dans la jauge à cette hauteur, il est certain que le poids de ce qui  
s'en

Si en manque, doit être remplacée par quelque autre force qui lui soit égale : or cette force est la vertu Elastique de l'air qui reste dans le Récipient, lequel agissant sur la surface supérieure du mercure de la jauge, l'empêche de s'élever à la hauteur déterminée ; la force Elastique de l'air qui reste dans le Récipient, est donc égale au poids du complément de la hauteur du Baromètre, mais le poids de cette quantité de vif-argent, est proportionnel à l'espace qu'elle occuperoit dans la jauge jusqu'à la hauteur déterminée, donc l'Elasticité de l'air qui demeure dans le Récipient, est aussi proportionnelle à ce même espace. Et puisque j'ai prouvé il, y a quelques jours, que la densité de l'air est toujours proportionnelle à son Elasticité, il suit que la densité de l'air, ou la quantité qui restera dans le Récipient, sera toujours proportionnelle à ce qui manque de vif-argent dans la jauge, pour achever la hauteur de  $27\frac{1}{2}$  pouces, ce qu'il falloit démontrer.

Puisque la quantité d'air qui étoit dans

R

## 258 LEÇONS DE PHYSIQUE

le Récipient avant qu'on commençât à pomper, est proportionnelle à une colonne de vif-argent de  $27\frac{1}{2}$  pouces : la différence entre cette quantité d'air, & celle qui reste après un certain nombre de coups de piston, c'est-à-dire la quantité d'air évacuée, est donc proportionnelle à la différence entre la hauteur de  $27\frac{1}{2}$  pouces, & le complément de cette hauteur, c'est-à-dire, à la hauteur actuelle dans la jauge après le même nombre de coups de piston, ce qu'il falloit démontrer en second lieu. D'où il suit enfin que la quantité d'air évacuée à chaque coup de Pompe, est proportionnelle à l'élévation du mercure par ce même coup, ce qu'il falloit démontrer en dernier lieu. Ces conclusions s'accordent parfaitement bien avec les Expériences, car il nous a été facile d'estimer la quantité d'air évacuée par le moyen de l'eau qui a occupé sa place à mesure qu'il est sorti du Récipient (a).

(a) Ce Récipient est la bouteille décrite dans l'Expérience I. pag. 15. elle porte un robinet pour empêcher le

## EXPERIMENTALE 239

Qu'on se ressouvienne donc que la quantité d'air évacuée à chaque coup de pompe, est proportionnelle à l'élévation du mercure dans la jauge à chaque coup; que toute la quantité d'air qu'on a pompée depuis le premier coup inclusivement, est proportionnelle à la hauteur actuelle du vif-argent dans la jauge; enfin, que la quantité d'air qui reste dans le Réceptient, est proportionnelle au complément de la hauteur ordinaire du Baromètre.

Pour appliquer ceci aux Expériences qu'on a faites aujourd'hui, nous trouvons par nos mesures, que les élévations successives du mercure dans la jauge, diminuent à chaque coup de Pompe, en progression Géométrique; & je viens de prouver tout-à-l'heure, que les quantités d'air qu'on fait sortir à chaque coup de pompe, sont proportionnelles à ces élévations, donc nous pouvons conclure avec certitude par les Expériences, ce

retour de l'air après qu'on l'a pompé, & pour laisser entrer l'eau en sa place, en la plongeant dans un baquet.

R ij

## 260 LEÇONS DE PHYSIQUE

que nous avons conclu par une suite de raisonnemens, sçavoir que les quantités d'air évacuées à chaque coup de Pompe, décroissent dans une progression Géométrique.

Puisque ces élévations successives sont les différences des compléments de la hauteur déterminée à chaque coup de Pompe, il suit que ces compléments décroissent aussi dans la même progression Géométrique ; car c'est un Theorème connu de tout le monde, que des quantités dont les différences décroissent en progression Géométrique, décroissent aussi dans la même progression Géométrique, tant qu'elles ont de l'étendue. Les compléments de la hauteur déterminée dans la jauge, décroissants donc dans une progression Géométrique, & les quantités d'air qui restent dans le Récipient, étant toujours proportionnelles à ces compléments, comme je viens de vous le prouver tout-à-l'heure ; il suit des mêmes Expériences que vous avez vû faire, que les quantités d'air qui restent après



Chaque coup de Pompe, décroissent aussi dans une progression Geométrique, ce que nous avons encore conclu par la même suite de raisonnemens.

Avant que de finir sur la machine Pneumatique, il me reste quelque chose à vous dire sur l'usage des deux Tables suivantes ; elles servent à faire voir le nombre de coups de pompes nécessaire pour raréfier l'air dans une raison donnée dans un Récipient quelconque. La première Table est faite pour les Récipients, dont la capacité est égale à celle de la Pompe ; les nombres de la première colonne de cette Table expriment les degrés de raréfaction, & ceux de la seconde colonne expriment le nombre de coups de Piston nécessaire pour produire ces raréfactions, (on a joint à ces nombres, leurs parties décimales.) Par exemple, pour raréfier l'air 100 fois plus qu'il ne l'est naturellement, je cherche le nombre 100 dans la première colonne de la Table, & je trouve vis-à-vis dans la seconde colonne, le nombre

## 262 LEÇONS DE PHYSIQUE

6.644, ce qui me fait connoître, que pour raréfier l'air 100 fois plus qu'il ne l'est naturellement, il faut 6 coups de Pompe, & 644 millièmes d'un coup; si sous le même Récipient on veut raréfier l'air 10000 fois plus qu'il ne l'est communément, on trouvera de même qu'il faut 13 coups de Pompe, & 288 millièmes.

TABLE I.					
Rareté de l'Air	Nombre des coups de Piston.	Rareté de l'Air.	Nombre des coups de Piston.	Rareté de l'Air.	Nombre des coups de Piston.
1	0	60	5.907	900	9.814
2	1	64	6	1000	9.966
3	1.585	70	6.129	1024	10.
4	2	80	6.322	2000	10.966
5	2.322	90	6.492	2048	11.
6	2.585	100	6.644	3000	11.551
7	2.807	128	7	4000	11.966
8	3	200	7.644	4096	12.
9	3.170	256	8	5000	12.288
10	3.322	300	8.229	6000	12.551
16	4	400	8.644	7000	12.773
20	4.322	500	8.966	8000	12.966
30	4.907	512	9	8192	13.
32	5	600	9.229	9000	13.136
40	5.322	700	9.451	10000	13.288
50	5.644	800	9.644	16384	14.

Les Récipients dont nous nous servons pour nos Expériences, sont ordinairement plus grands que la capacité de la Pompe, c'est pourquoi il faut un plus grand nombre de coups de Piston, qu'il n'en est marqué dans la seconde colonne de la Table, pour raréfier l'air dans les degrés correspondants de la première colonne. On seroit d'abord porté à croire, que le nombre des coups de Piston nécessaires pour raréfier l'air dans un certain degré, devroit excéder les nombres correspondants de la seconde colonne, dans la même proportion que la capacité du Récipient excéderoit celle de la Pompe; mais pour peu qu'on fasse d'attention, on verra que le nombre des coups de Piston ne doit pas croître dans une si grande proportion, que les capacités des Récipients.

On peut voir par la seconde Table, (dont la première colonne marque les capacités des Récipients, & la seconde les nombres des coups de Piston proportionnels à ceux de la première Table;)

## 264 LEÇONS DE PHYSIQUE

dans quelle raison croissent les nombres des coups de Piston, quand les capacités des Récipients croissent aussi ; un exemple ou deux en fera comprendre tout d'un coup l'usage.

Supposons la capacité du Récipient 10 fois plus grande que celle du corps de Pompe, & qu'on veuille trouver combien il faut de coups de Piston pour raréfier l'air dans ce Récipient 100 fois plus qu'il ne l'est naturellement : Par la premiere Table on trouve, comme on a vû ci-devant, que le Récipient étant égal au corps de Pompe, le nombre des coups de Piston seroit 6.644. Mais le Récipient est 10 fois plus grand ; cherchez donc le nombre 10 dans la premiere colonne de la seconde Table, & vous trouverez vis-à-vis dans la seconde colonne le nombre 7.273. D'où vous connoîtrez, que quoique la capacité du Récipient croisse dans une raison décuple, le nombre des coups de Piston ne croit pas à beaucoup près dans la même proportion ; on trouvera donc le véri-

# EXPERIMENTALE. 265

table nombre des coups de Piston, en multipliant 6,644, par 7,273, ce qui fait 48.322,

TABLE II.			
Capacité du Récipient.	Multipliateur.	Capacité du Récipient.	Multipliateur.
1	1.	60	41.934
2	1.710	70	48.866
3	2.409	80	55.798
4	3.106	90	62.729
5	3.802	100	69.661
6	4.497	200	138.976
7	5.191	300	208.291
8	5.885	400	277.605
9	6.579	500	346.920
10	7.273	600	416.235
20	14.207	700	485.549
30	21.139	800	554.864
40	28.071	900	624.179
50	35.003	1000	693.494

Ainsi pour trouver le nombre de coups de Piston nécessaire, pour raréfier l'air 10000 fois plus qu'il ne l'est naturellement, dans un Récipient 50 fois plus grand que la capacité de la Pompe; vis-à-vis 10000 dans la première colonne

## 266 LEÇONS DE PHYSIQUE

de la premiere Table, je trouve 13.288, & vis-à-vis 50 dans la premiere colonne de la seconde Table, je trouve 35.003, qui étant multipliés l'un par l'autre, font 465.12 coups de Piston qu'il faudra donner. Il est inutile de s'embarasser des fractions qui se trouvent après un certain nombre entier de coups de Pompe; on ne sçauroit mouvoir le Piston précisément de la quantité que ces fractions expriment, mais la différence est si peu considérable, qu'on peut se dispenser d'en tenir compte. On a été obligé d'écrire ces fractions dans les Tables, afin que dans la multiplication il ne se perdît aucun nombre entier, comme il seroit arrivé, si on les avoit négligées; mais quand on a déterminé le produit, les fractions qui sont jointes aux entiers, deviennent inutiles.

En faisant ces Tables, j'ai laissé bien des nombres intermédiaires, pour ne leur pas donner trop d'étendue; elles suffisent pour ce que j'en avois à faire, sçavoir pour vous donner une connoissan-

ice exacte des opérations de la machine Pneumatique.

Je devrois vous donner ici les Elémens sur lesquels elles ont été calculées ; mais j'ai peur que tout le monde ne soit pas en état de les entendre , à cause de leurs difficultés (a).

(a) Theorème. Dans un Récipient dont la capacité est à celle du corps de Pompe , comme  $c$  à 1 , pour raréfier l'air d'une quantité déterminée  $r$  , il faut un nombre de coups de Pompe égal à  $\frac{\log. r.}{\log. c - 1 - \log. c.}$

DEMONSTRATION. Gar à chaque coup de Pompe , l'air sera raréfié , ou dilaté dans la raison de l'espace  $c$  à l'espace  $c - 1$  , ou de 1 à  $\frac{c-1}{c}$  ; & par conséquent il y aura autant de raréfactions égales & successives , qu'il y a de raisons égales & successives dans cette série  $1, \frac{c-1}{c}, \left(\frac{c-1}{c}\right)^2, \left(\frac{c-1}{c}\right)^3$  , continuée jusqu'au terme  $\left(\frac{c-1}{c}\right)^n$  , dont l'exposant  $n$  sera le nombre déterminé de coups de Pompe. Par conséquent , la raison totale de toutes les raréfactions que nous supposons 1 à  $r$  , sera la même , que celle de 1 à  $\left(\frac{c-1}{c}\right)^n$  , c'est-à-dire du premier terme de la série au dernier ; donc  $r = \left(\frac{c-1}{c}\right)^n$  , & par la propriété des Logarithmes ,  $\log. r = n \times \log. \frac{c-1}{c}$   $= n \times \log. c - 1 - \log. c$  , d'où l'on tire  $\frac{\log. r}{\log. c - 1 - \log. c} = n$ . Ce qu'il falloit démontrer.

Coroll. 1. Dans la première Table , ou  $c = 1$  , l'air sera raréfié un nombre de fois  $r$  par un nombre de coups de Piston  $\frac{\log. r}{\log. 2}$ .

## 268 LEÇONS DE PHYSIQUE

J'en passerai donc la construction, & je vous ferai seulement remarquer de la premiere Table, que si vous faites enforte que les nombres de la premiere colonne soient en progression Geométrique, ceux qui leur répondront dans la seconde colonne, seront en progression Arithmétique.

On peut aussi observer de la seconde Table, que la disproportion de ces nombres de la seconde colonne, va toujours en augmentant depuis le commencement jusqu'à la fin, quelque étendue qu'on donne à la Table, mais cependant que cette disproportion n'excede jamais la raison de 13 à 9.

Venons à présent à la Pompe à con-

*Cor. II.* nommant  $t$ , ce dernier nombre, & mettant dans la seconde Table, (ou  $c$  a une valeur déterminée quelconque)  $m$  pour le multiplicateur correspondant, puisque l'Auteur fait  $mt = n$ , nous avons  $m = \frac{n}{t} =$

$$\frac{\log. 2}{\log. c + 1 - \log. c}.$$

Dans l'exemple de l'Auteur  $r = 100$ ,  $c = 10$ , donc par le premier Cor.  $t = \frac{\log. 100}{\log. 2} = \frac{2,00\ 000}{0,301\ 03} = 6,644$  coups de Piston : & par le second Corollaire  $m = \frac{\log. 2}{\log. 11 - 10} = \frac{0,3010\ 300}{0,0413\ 227} = 7,273$ , &  $mt = n = 48,322$  coups de Piston.



## *EXPERIMENTALE.* 269

**D**enfer. Nous n'avons pas beaucoup de chose à dire sur cet instrument ; quand j'avancerai qu'à chaque coup de Piston on introduit dans le Récipient une égale quantité d'air, sçavoir précisément autant qu'en contient naturellement la Pompe, la chose est d'elle-même si évidente, que je crois qu'il est inutile d'entreprendre de la prouver ; car il est fort aisé de comprendre, que quand on tire en haut le Piston pour l'éloigner du fond de la Seringue, il se fait un vuide d'air jusqu'à ce que ce Piston vienne à passer au-dessus du petit trou qu'on a pratiqué au haut du corps de Pompe ; alors l'air extérieur pouvant passer librement dans la Seringue par ce petit trou, s'empare de cet espace vuide jusqu'à ce qu'il y ait autant d'air dans le corps de Pompe, qu'il en peut contenir naturellement ; quand donc on vient à mouvoir le Piston de haut en bas, cet air se trouve comprimé, & se condense de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin son Elasticité devienne aussi grande que celle de l'air qui est contenu

## 270 LEÇONS DE PHYSIQUE

dans le Récipient , & puisse par-là forcer la valvule , & se mêler avec celui du Récipient ; puis donc que les quantités d'air introduites à chaque coup de Piston sont égales , il est évident que les degrés de condensation croissent dans une progression Arithmétique. Examinons à présent , comment va le mercure dans la jauge ; le voici dans ce Theorème dont je vais vous donner la démonstration.

*L'espace compris entre le vif-argent & l'extrémité de la jauge , décroît à chaque coup de Pompe en progression Harmonique.*

Avant de démontrer cette proposition , je vais vous dire ce que c'est qu'une progression Harmonique ; comme elle n'est pas si généralement connue , que celles que nous appelons Géométrique & Arithmétique , il ne fera pas inutile d'en expliquer ici la nature , je vais d'abord vous dire pourquoi on l'appelle ainsi.

C'est une chose connue de tous les Musiciens , que si dans un instrument de Musique on a trois cordes semblables à tous égards , mais seulement de différen-

tes longueurs, telles que sont les nombres 6, 4, 3, les sons que rendront ces cordes, seront parfaitement d'accord; sçavoir une octave, une quinte & une quarte, ainsi le son de la dernière, sera une octave à celui de la première, & le son de la seconde, sera une quinte à celui de la première, & le son de la dernière, une quarte au son de la seconde; de-là les nombres 6, 4, 3, qui expriment les longueurs de ces cordes, sont dits être en progression Harmonique.

Maintenant, il est facile de remarquer que ces nombres sont réciproquement proportionnels à trois autres nombres 2, 3, 4, en progression Arithmétique; c'est ce qui a fait dire, que tout autre série de nombre étoit en progression Harmonique, quand tous les termes de cette série sont réciproquement proportionnels à ceux d'une progression Arithmétique: retenez donc bien qu'une série de nombre sera en progression Harmonique, quand tous les termes seront en proportion réciproque à ceux d'une progression Arithmétique.

## 272 LEÇONS DE PHYSIQUE

que. On peut encore donner une autre propriété de ces nombres 6, 4, 3, sçavoir que le premier est au troisième, comme la différence du premier au second, est à la différence du second au troisième; or cette propriété appartient également à tous les nombres qui sont réciproques à ceux d'une progression Arithmétique, c'est-à-dire à tous les autres nombres qui sont en progression Harmonique.

De-là étant donnés deux termes consécutifs d'une progression Harmonique, on trouve le suivant en divisant le produit des deux premiers, par la différence du double du premier terme par-dessus le second, ainsi dans notre exemple 6, 4, 3, le produit des deux premiers 24 divisé par la différence du double du premier sur le second 8, est égal  $\frac{24}{8} = 3$ , qui est le troisième terme de la progression.

Nous allons maintenant faire voir, que l'espace compris entre le mercure & l'extrémité de la jauge, décroît à chaque coup de la Pompe en progression Harmonique.

Pour

Pour cela il faut observer, que le vif-argent de la jauge est contigu d'un côté à l'air enfermé dans le Récipient, & de l'autre à l'air enfermé entre le bout de la jauge & le vif-argent ; de plus, que la densité de ces deux airs est égale, autrement le vif-argent céderoit à celui qui auroit plus de densité, qui seroit aussi plus **Elastique** : quand donc le vif-argent est en repos dans la jauge, il est évident que les densités des deux airs sont égales : or puisque la densité de l'air augmente dans le Récipient en progression Arithmétique, celle de l'air du bout de la jauge, doit aussi augmenter dans la même progression ; mais l'espace qu'occupe l'air, diminue à proportion que sa densité augmente, ou en d'autres termes, ces espaces sont réciproques aux densités, donc les espaces sont réciproquement comme une série de termes Arithmétiquement proportionnels, c'est-à-dire qu'ils décroissent en progression Harmonique. Et nous voyons que cette conclusion s'accorde parfaitement bien avec notre Expérience.

## QUATORZIÈME LEÇON.

*Pesanteur de l'Air démontrée par la balance ; d'où l'on détermine le rapport de sa gravité spécifique à celle de l'eau.*

**N**OUS avons assez prouvé jusqu'ici par différentes méthodes, que l'Air a une pesanteur actuelle ; nous avons déduit de ce principe un grand nombre de Phœnomenes, qu'on ne sçauroit expliquer d'aucune autre maniere : nous sommes donc autorisés à conclure, que ce principe est exactement vrai, conforme aux loix de la nature, & fondé sur une entière évidence.

Mais une vérité que nous devons à nos sens, fait sur nous une impression bien plus profonde, & nous persuade bien plus facilement, que les forces réunies de toutes les conséquences tirées de la meilleure suite de raisonnemens.

C'est ainsi que l'Expérience que vous venez de voir, nous fournit une preuve

plus évidente & plus persuasive en même-temps de la pesanteur de l'Air, qu'aucune, ou peut-être que toutes les considérations auxquelles nous nous sommes arrêtés jusqu'ici ; car en effet, que peut-on desirer de plus fort, pour prouver qu'un corps a réellement de la pesanteur, que de la rendre, pour ainsi dire, visible à la balance.

La facilité qu'on a toujours eu à faire cette Expérience, ou du moins quelque autre aussi aisée, me fait croire que loin de vous voir refuser à cette vérité, vous serez plutôt étonnés de ce qu'il ait pu y avoir des sectes entières de Philosophes, qui aient véritablement douté de la pesanteur de l'Air.

Il est bien vrai qu'Aristote admet quelque part dans ses écrits cette pesanteur, & qu'il employe pour prouver son sentiment, l'Expérience d'une vessie qu'il dit être plus pesante quand elle est enflée, que quand elle est flasque ; ce qui prouve évidemment la pesanteur de l'Air qu'elle contenoit : mais il est très-certain que ses

## 276 LEÇONS DE PHYSIQUE

sectateurs l'ont abandonné dans ce point ; & ont enseigné presque généralement le contraire , pendant plusieurs siècles consécutifs.

Galilée paroît avoir été le premier des Philosophes modernes qui les ait osé contredire là-dessus ; je vous ai donné un extrait des Observations , qu'il a faites sur les Pompes ; il n'en a pas fallu davantage à un homme aussi intelligent , pour lui faire abandonner la doctrine ordinaire de l'école. Mais le génie de recherches de ce grand homme , ne put le faire rester long-temps dans l'incertitude : il fut bientôt décidé sur le choix des Expériences qui pouvoient le satisfaire , elles lui fournirent une entière conviction ; les voici.

Il prit un vaisseau de verre d'une grande capacité , & dont le goulot étoit très-étroit ; il appliqua à ce goulot un bouchon de cuir, dont il ferma l'orifice de la bouteille aussi exactement qu'il lui fut possible , au milieu de ce couvercle il introduisit un petit Tube , qu'il joignit au cuir avec la même exactitude ; ensuite



avec une Seringue il injecta par ce Tube autant d'air dans le vaisseau, qu'il en jugea nécessaire, sans risquer de l'éclater; après quoi il le pesa avec l'air comprimé, à une balance très-exacte, se servant de sablon très-fin pour contrepoids; il ouvrit ensuite le Tube pour laisser sortir l'air comprimé, & quand il fut échappé, il repesa de nouveau la bouteille, qu'il trouva plus legere qu'auparavant; il ôta une certaine quantité de sablon, jusqu'à ce qu'il eût rétabli l'équilibre, ce qui lui démontra évidemment le poids de l'air en général, puisque la pesanteur de celui qui s'étoit échappé du vaisseau de verre en ouvrant le Tuyau, étoit égale au poids du sable qu'il avoit ôté, & mis à part.

Mais il ne lui fut pas possible de conclure de cette Expérience, quelle étoit la pesanteur d'une quantité d'air déterminée; car quoiqu'il connût le poids de l'air qui s'étoit échappé de sa bouteille, rien ne lui en déterminoit le volume: il imagina donc deux autres Expériences que voici.

## 278 LEÇONS DE PHYSIQUE

Il prit un autre vaisseau semblable au premier, il le boucha pareillement avec un cuir & fit passer au travers, le bout du Tube qui étoit fixé au premier vaisseau, & dont l'orifice étoit bouché exactement au couvercle de ce second vaisseau; de maniere que ces deux vaisseaux se regardoient mutuellement, & communiquoient ensemble quand on débouchoit l'orifice du Tube qui étoit dans le second vaisseau; cela se pouvoit faire par le moyen d'un fil de fer délié, qu'il avoit introduit par un petit trou pratiqué au fond de cette bouteille; mais je dois vous dire, qu'avant que d'assembler ainsi ces deux vaisseaux, il avoit rempli d'eau le second, & avoit pesé l'autre conjointement avec l'air comprimé, en prenant du sable pour contrepoids comme auparavant; ces choses étant ainsi proposées, & le Tube ayant été ouvert en tirant le fil de fer; il est aisé de comprendre que l'air a dû passer avec violence du premier vaisseau dans le second, jusqu'à ce qu'il fût réduit dans le premier à sa densité na-

naturelle : mais il a dû aussi en passant dans ce second vaisseau , chasser autant d'eau par le trou du fond , qu'en pouvoit occuper l'espace rempli par l'air qui venoit de sortir du premier vaisseau : cette quantité d'eau s'est déterminée en pesant d'abord le vaisseau presque plein d'eau , & en le repesant ensuite quand on a eu achevé de l'emplir , on avoit de même la pesantueur de l'air qui étoit passé en repesant le premier vaisseau ; d'où l'on a le rapport de la gravité spécifique de l'eau à celle de l'air, que Galilée trouva, comme 400 à 1.

L'autre méthode qu'il propose est un peu plus prompte ; il ne faut qu'un vaisseau ajusté, comme l'un des précédents ; mais au lieu d'introduire plus d'air qu'il n'en peut contenir naturellement , il aime mieux le plonger dans l'eau à une certaine profondeur ; par-là l'air qu'il contient est comprimé & condensé ; ( il faut prendre garde qu'il s'en échappe quand l'eau entre ainsi par force , ) supposant donc qu'il soit entré une suffisante quan-

## 280 LEÇONS DE PHYSIQUE

tité d'eau dans le vaisseau capable d'emplir les  $\frac{3}{4}$  de la bouteille, il faut peser le tout dans l'eau avec une balance bien exacte; tournant ensuite en haut l'orifice de la bouteille & débouchant le Tube, l'air se dilatera, & il en sortira une quantité égale au volume d'eau introduit dans la bouteille, on repesera le tout de nouveau, & la différence fera le poids de l'air qui en sera sorti; & sa gravité sera à celle de l'eau, comme cette différence est au poids du volume d'eau entré dans la bouteille.

Telles sont les découvertes de cet Excellent Physicien d'*Italie*, dans un temps où tous les autres Philosophes avoient sur cette matiere des idées bien différentes, & longtemps avant l'usage des Baromètres & de la machine Pneumatique. Il est toujours satisfaisant de sçavoir les méthodes qu'on a d'abord suivies dans ces recherches; mais un autre avantage que vous pouvez retirer de cette histoire, c'est qu'elle vous accoutume à imaginer vous-mêmes différents moyens de par-

Venir au même but ; il feroit infini de rapporter les différentes méthodes qu'ont employées tous ceux qui ont été animés par cet esprit de recherches , je ne vous dirai pas non plus toutes celles que j'aurois pû imaginer moi-même ; celle qui a été publiée la première sur cette matière , & qui a fait beaucoup de bruit dans son temps , est celle du Pere *Mersenne* , que je vais vous rapporter.

Il prit un vaisseau de cuivre creux dont le col étoit fort étroit , qu'on appelle ordinairement *Æolipile* ; il le fit rougir entre les charbons ardents , & dans cet état il le pesa promptement à une balance très-exacte , il le pesa de nouveau quand il fût parfaitement refroidi ; & trouvant son poids plus grand qu'auparavant , il conclut que cette différence étoit le poids de l'air , qui après avoir été chassé par la chaleur , étoit rentré quand elle avoit été dissipée ; ainsi il fut convaincu , que l'air étoit un corps pesant ; mais en quelle proportion par rapport aux autres corps ? c'est ce qu'il ne pouvoit pas dé-

## 282 LEÇONS DE PHYSIQUE

terminer par cette seule Expérience. Il la répéta donc de nouveau, & quand l'*Æolipile* fut toute rouge, il trouva son poids précisément le même qu'auparavant. Il en plongea ensuite l'orifice dans l'eau froide, & l'y laissa refroidir : l'eau entra avec impétuosité, & la remplit presque toute ; or il est incontestable que le volume d'eau qui entra, étoit égal au volume d'air qui avoit été chassé par la chaleur : & comparant le poids de cette eau avec celui de l'air trouvé par la première Expérience, il en conclut que la pesanteur spécifique de l'eau étoit 1300 fois plus grande que celle de l'air. Il est impossible de ne pas s'appercevoir de l'énorme différence de ce rapport à celui de Galilée, qui ne fait l'eau que 400 fois plus pesante que l'air ; mais en prenant un milieu, nous la trouverons 850 fois plus pesante, ce qui s'accorde assez avec les Observations les plus récentes & les plus exactes.

Vous avez déjà vû quelle proportion nous avons déduire de nos Expériences ;

Mais je dois vous prévenir, que si notre bouteille eût été plus grosse, nous l'eussions déterminée encore plus exactement.

Dans quelques Expériences de nos premières Leçons, nous nous sommes servi d'une bouteille 8 fois aussi grande, que celle dont nous venons de nous servir; j'ai toujours trouvé avec cette bouteille, la proportion de l'air à l'eau d'1 à 8 ou 900, mais communément plus près de 900.

J'ai eu cette grande bouteille de M. *Hauksbée*, à qui j'avois déjà vû faire cette même Expérience devant la Société Royale; je suis témoin du soin & de l'exactitude avec laquelle elle a été faite, la proportion de la gravité spécifique de l'air à celle de l'eau, fut déterminée de 1 à 885. La manière dont il a fait son Expérience, est la même que la nôtre, ainsi je suppose que vous la concevez parfaitement; mais parce que vous en retiendrez mieux le détail; je vais vous rapporter l'histoire de son procédé, qu'il a donnée lui-même.

## 284 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ J'ai pris , dit-il , une bouteille qui  
 „ contenoit plus de trois *Galons* , il n'é-  
 „ pas nécessaire de déterminer précisé-  
 „ ment ce qu'elle contenoit de plus ; la  
 „ figure étoit ovale , je l'ai choisie de cer-  
 „ te forme , parce qu'elle est plus facile  
 „ à plonger dans l'eau ; j'ai mis dedans  
 „ autant de plomb qu'il en a été nécessai-  
 „ re , pour la faire enfoncer au - dessous  
 „ de la surface de l'eau. J'ai mieux aimé  
 „ mettre le plomb dans la bouteille que  
 „ de l'attacher par dehors , parce que dans  
 „ ce dernier cas , il s'y feroit attaché  
 „ quelques bulles d'air qui auroient causé  
 „ de l'erreur dans le calcul , au lieu que  
 „ cette Expérience demande beaucoup  
 „ d'exactitude & de soins.

„ Tout étant ainsi disposé , j'ai bouché  
 „ la bouteille qui contenoit de l'air com-  
 „ mun , & je l'ai suspendue dans l'eau , par  
 „ un fil de fer très-délié , attaché au bras  
 „ d'une balance , j'ai trouvé qu'elle pe-  
 „ soit dans l'eau  $3.58\frac{1}{2}$  grains ; après l'a-  
 „ voir tirée de l'eau , je l'ai fixée à la Ma-  
 „ chine Pneumatique , par le moyen d'un



## EXPERIMENTALE. 285

ne vis : en 5 minutes de temps elle a “  
été passablement vuide d'air , car le “  
mercure étoit monté dans la jauge à près “  
de  $29\frac{1}{2}$  pouces ; ensuite ayant fermé le “  
robinet de la bouteille , & l'ayant dé- “  
vissé , je l'ai suspendue dans l'eau com- “  
me auparavant , elle ne pesoit plus que “  
 $175\frac{1}{2}$  grains , qui étant ôtés de  $358\frac{1}{2}$  “  
( poids de la bouteille & de l'air qu'elle “  
contenoit au commencement de l'Ex- “  
périence , ) donne 183 grains pour le “  
poids de l'air qu'on a tiré par le moyen “  
de la machine Pneumatique. “

Ayant donc ainsi déterminé le poids “  
de l'air pompé , j'ai ouvert le robinet “  
de la bouteille , tandis qu'elle étoit en- “  
core plongée : l'eau est entrée d'abord “  
avec impétuosité , & a continué jusqu'à “  
ce qu'il y en ait eu un volume égal à “  
celui de l'air que j'avois fait sortir ; la “  
bouteille étant remise à la balance , a “  
pesé 162,132 grains , desquels ôtant “  
 $175\frac{1}{2}$  grains pour le poids de la bou- “  
teille , & du peu d'air qui a pû y rester , “  
reste 161956 $\frac{1}{2}$  grains pour le poids du “

## 286 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ volume d'eau égal à celui de l'air dont  
„ elle occupe la place ; ce qui donne la  
„ la proportion spécifique de l'air à celle  
„ de l'eau, comme 183 à 161956 $\frac{1}{2}$ , ou  
„ bien, comme 1 à 885.

„ Il y a deux choses à remarquer dans  
„ cette Expérience. La première, qu'il  
„ est inutile de s'embarasser de vider  
„ exactement tout l'air sur la machine  
„ Pneumatique, le succès de l'Expérien-  
„ ce ne dépendant point du tout de cette  
„ exactitude, puisqu'il n'est pas possible  
„ qu'il rentre dans le Récipient un volu-  
„ me d'eau plus grand, que le volume  
„ d'air qu'on a fait sortir. Secondement,  
„ on doit observer dans quelle saison de  
„ l'année on fait cette Expérience.

„ Je l'ai faite dans le mois de *Mai*, le  
„ mercure étant à 29 $\frac{7}{10}$  pouces dans le  
„ Baromètre, d'où l'on voit qu'on doit  
„ trouver une différence sensible dans les  
„ mois de *Decembre & Janvier*, quand la  
„ constitution de l'Atmosphère est tout-  
„ à-fait différente, de ce qu'elle est dans  
„ toute autre saison.

Ainsi s'explique M. *Hanksbée* ; il me paroît qu'en voilà assez sur cette matiere ; mais avant que de finir , reprenons un peu l'examen que nous avons déjà fait de l'état de l'Atmosphère , & des différents degrés de rareté de l'air , à différentes distances de la surface de la Terre.

Rappelez-vous que j'ai prouvé dans la semaine précédente , que la densité de l'air diminuë dans une progression Géométrique , quand sa hauteur croît en progression Arithmétique ; la vérité de cette regle suppose que la gravité des Corps est la même à toute sorte de distances du centre de la Terre ; mais M. *Newton* a prouvé évidemment dans ses Principes , que la gravité diminuë à mesure que les Corps s'éloignent du centre de leur pesanteur , de sorte que la pesanteur est toujours en raison réciproque des quarrés des distances au centre , d'où il est évident , que quand la hauteur de l'air au-dessus de la surface de la Terre est très grande & devient considérable , par rapport au demi diamètre de la Terre , la

## 288 LEÇONS DE PHYSIQUE

regle que je vous ai donnée se trouve fautive : mais si la hauteur est petite & peu considérable par rapport au demi diamètre de la Terre , comme il faut avouer que sont nos plus hautes montagnes , notre regle sera toujours assez exacte , c'est celle qui a été proposée par M. *Halle* dans les Transactions Philosophiques , & qui a été adoptée par M. *Gregory* dans son Traité d'Astronomie , en un mot , qui a été universellement reçue sans exception ; quoi qu'il en soit , voyons ce qui arriveroit dans l'hypothese de la diminution de la gravité , en raison de l'augmentation des quarrés des distances au centre de la Terre : je crains de n'être pas ici à la portée de tout le monde , mais je ferai en sorte de rendre la chose aussi intelligible , que la nature le peut permettre.

Soit ( Fig. 40 ) *C* le centre de la Terre ; *CA* le demi diamètre , *AB* une portion de sa surface , & soit la ligne *CAD* prolongée jusqu'à l'extrémité de l'Atmosphère. Imaginez dans cette ligne les points *D E F* infiniment proches les uns des

Des autres ; prenez autant d'autres points semblables  $d, e, f$ , tels que les distances  $dC, eC, fC$ , soient réciproquement proportionnelles aux distances respectives  $DC, EC, FC$ , de sorte que les distances  $dC, eC, fC$ , soient moindres que le demi diamètre  $AC$ , dans la même proportion que les distances  $DC, EC, FC$ , sont plus grandes que ce même demi diamètre ; c'est-à-dire que les distances des petites lettres au centre, diminuent dans la même proportion que les distances respectives des grandes lettres au même centre, augmentent. Sur les points  $A, d, e, f$  élevez les perpendiculaires  $AB, dp, eq, fr$  proportionnelles aux densités de l'air en  $A, D, E, F$  respectivement, de sorte que la densité de l'air en  $A$ , soit représentée par la perpendiculaire  $AB$ , la densité en  $D$ , par la perpendiculaire respective  $dp$ , la densité au point  $E$ , par la perpendiculaire  $eq$ , au point  $F$ , par  $fr$ .

Tout étant ainsi disposé, je vais prouver, que si les distances  $CF, CE, CD$ , sont prises en proportion harmonique ;

T

## 290 LEÇONS DE PHYSIQUE

& par conséquent les distances,  $Cf, ci, cd$ , en proportion Arithmétique, puisqu'elles sont réciproquement proportionnelles aux premières : je vais prouver, dis-je, que les perpendiculaires  $fr, eq, dp$ , & par conséquent les densités de l'air dans les lieux respectifs  $F, E, D$ , sont en progression Géométrique.

Premièrement, parce que les distances des petites lettres au centre, sont réciproquement comme les distances des grandes lettres qui leur correspondent, au même centre ; il est manifeste que  $Cd, Ce, :: CE, CD$ , & par conséquent que la différence de  $Cd$  à  $Ce$ , est à la différence de  $CE$  à  $CD$ , comme  $Ce$  est à  $CD$ , ou (à cause que les points  $E$  &  $D$ , sont supposés infiniment proches l'un de l'autre)  $:: Ce, CE$ , ou (parce que  $Ce$  est moindre que  $CA$  dans la même proportion, que  $CE$  est plus grand que  $CA$ , & que par conséquent  $Ce, CA$  &  $CE$ , sont en proportion Géométrique continue)  $:: CAq$  est à  $CEq$ . Il est donc évident, que  $de$ , différence de  $cd$  &  $de$

# EXPERIMENTALE. 291

est à  $DE$ , différence de  $CE$ ,  $CD$  :  
 $CAq$  est à  $CEq$ .

Donc si la distance  $CE$  demeure la même, & par conséquent si la proportion de  $CAq$  à  $CEq$  subsiste, la proportion de  $de$  à  $DE$ , sera aussi la même, c'est-à-dire que  $de$  augmentera ou diminuera dans la même raison que  $DE$ ; mais si  $DE$  demeure la même, parce qu'elle est toujours plus grande que  $de$  dans la proportion, que  $CEq$  est plus grand que  $CAq$ : il suit que  $de$ , doit nécessairement croître ou diminuer dans la même proportion, que  $CEq$  diminue ou croît, c'est-à-dire que  $de$  doit toujours être réciproque à  $CEq$ .

D'où il suit, que si  $DE$  ni  $CE$  ne restent les mêmes,  $de$  sera directement comme  $DE$ , & réciproquement comme  $CEq$ ; mais le volume d'air entre les lieux  $D$  &  $E$ , est comme  $DE$ , & sa pesanteur est réciproquement comme le quarré de  $CE$ , sa distance au centre; donc  $de$  est comme le volume & la pesanteur de ce même air tout ensemble, & par conséquent, puisque  $e q$  est comme sa densité,

## 292 LEÇONS DE PHYSIQUE

le produit de  $de \times eq$ , ou l'aire  $deqp$ , fera comme le produit de sa densité, de son volume & de sa pesanteur, c'est-à-dire comme la force avec laquelle il presse l'air qui est au-dessous; & la somme de toutes ces aires, au-dessous de  $dp$ , sera comme la force de tout l'air au-dessus de  $D$ , c'est-à-dire comme  $dp$  densité de l'air en  $D$ : car comme vous sçavez, la densité de l'air est toujours comme la force qui le comprime.

Puisque la perpendiculaire  $dp$ , est comme la somme de toutes les petites aires qui sont au-dessous d'elle, & que la perpendiculaire  $eq$  par la même raison, est comme la somme de toutes les aires qui sont au-dessous d'elle; il suit, que la différence de  $eq$  &  $dp$ , est comme la différence de ces sommes, c'est-à-dire comme l'aire  $eqpd$ .

Nous sommes donc parvenus à trouver, que la différence des perpendiculaires  $eq, dp$ , est comme l'aire  $eqdp$ , comprise entre ces perpendiculaires.

Or supposons maintenant, que les dis-



ances  $CF, CE, CD$ , &c. soient prises en progression harmonique ; les distances  $Cf, Ce, Cd$ , seront donc en progression Arithmétique , & par conséquent tous les intervalles  $de, ef$ , &c. seront égaux, par conséquent les Aires  $epdq$  qui ont ces intervalles égaux pour bases, seront comme leurs hauteurs  $eq$ .

De-là, la différence de  $eq$  &  $dp$  qui étoit tout-à-l'heure comme l'Aire  $eqpd$ , sera comme  $eq$ , & par conséquent  $dp$  sera comme  $eq$ , c'est-à-dire, que les deux perpendiculaires, qui terminent la petite Aire enfermée entr'elles, ont toujours la même proportion, ou bien, que  $fr, eq :: eq, dp$ , c'est-à-dire que ces perpendiculaires  $fr, eq, dp$ , &c. sont en progression Géométrique ; mais ces perpendiculaires expriment les densités de l'air dans les lieux  $F, E, D$ , &c. donc les densités sont aussi en progression Géométrique.

De plus, puisque  $Cd, CA :: CA, CD$ , il suit que  $Ad, AD :: AD, CD$ , c'est-à-dire que  $Ad$  est moindre, que  $AD$  dans la même proportion, que le demi diamètre

## 294 LEÇONS DE PHYSIQUE

de la Terre est moindre , que la distance du point  $d$  au centre.

Par conséquent , pour trouver la longueur  $Ad$  , il faut diminuer la hauteur  $AD$  dans la proportion du demi diamètre de la Terre , à la somme de ce demi diamètre , & de la hauteur au-dessus de la surface ; c'est pourquoi j'appellerai désormais  $Ad$  , la hauteur diminuée du point  $D$  , & par la même raison , je pourrai appeler  $Ae$  , la hauteur diminuée du point  $E$  , &  $Af$  la hauteur diminuée du point  $F$  , ainsi si  $h$  est le point qui correspond au point  $H$  ,  $Ah$  sera la hauteur diminuée du point  $H$ .

Maintenant il est aisé d'observer , que comme les distances  $Cd$  ,  $Ce$  ,  $Cf$  , sont en progression Arithmétique , les hauteurs diminuées  $Ad$  ,  $Ae$  ,  $Af$  , y sont aussi ; d'où l'on tire ce Theorème.

*Si on prend des hauteurs diminuées en progression Arithmétique , les densités de l'air seront en progression Geométrique.*

Donc si on connoît la rareté de l'air à une hauteur quelconque  $H$  , on peut

aisément trouver sa rareté à une autre hauteur quelconque  $D$ ; car comme la hauteur diminuée du point  $H$ , est à celle du point  $D$ , ainsi le Logarithme de la rareté de l'air en  $H$ , est au Logarithme de sa rareté en  $D$ , *ce qu'il falloit trouver.*

Toute la difficulté se réduit donc à trouver la rareté de l'air à quelque hauteur  $H$ , ce qu'on peut faire, comme je vous ai fait voir, en portant un Baromètre au haut de quelque montagne, & en y observant l'abaissement du mercure.

On en a fait l'Expérience sur le *Puy de Domme* en France, & sur la montagne *Snowdon* dans la Province de Galles; j'en ai parlé, quand j'ai traité cette matiere.

Mais la méthode que je vais maintenant vous donner, est bien plus prompte, & dépend des Expériences que nous avons faites nous-mêmes. Nous trouvons, comme je vous l'ai déjà dit, en comparant plusieurs Expériences, que la pesanteur de l'air est à celle de l'eau, comme 1 à 850, donc une colonne d'air de 850 pouces, ou 70 pieds 10 pouces

## 296 LEÇONS DE PHYSIQUE

de hauteur, pese autant qu'une colonne d'eau d'un pouce. Supposons que  $AH$ , hauteur du point  $H$  au-dessus de la surface de la Terre, soit de 70 pieds 10 pouces : donc, (parce que la hauteur ordinaire de l'eau dans le Tube de *Pascal* est 34 pieds ou 408 pouces, & que le poids de l'eau est en équilibre avec le poids de toute l'Atmosphère ; ) il est évident que le poids de toute la colonne d'air qui est au-dessus du point  $A$ , est égal au poids d'une colonne d'eau de même base, & de 408 pouces de hauteur ; ôtez du poids de toute la colonne d'air, celui de la partie de cette colonne qui est entre  $H$  &  $A$ , & qu'on a prouvé égal à celui d'un pouce d'eau, le poids du reste de la colonne au-dessus du point  $H$ , fera égal à celui de 407 pouces d'eau : donc la force avec laquelle l'air est comprimé en  $A$ , est à celle avec laquelle il est comprimé en  $H$ , comme 408 à 407, & la rareté de l'air en  $H$ , est à celle du même air en  $A$  dans la même proportion, Vous sentez bien que

Cette méthode suppose l'air de même densité dans tout l'espace  $AH$ . Ce qui n'est pas exactement vrai, mais la différence est si petite en 70 pieds, que l'erreur devient insensible; au reste, si vous voulez une plus grande exactitude, vous pouvez prendre  $AH$  aussi petite que vous voudrez (*a*).

(*a*) Dans cette solution aussi-bien que dans la première; page 183. on voit que pour trouver la rareté de l'air à une hauteur proposée, il faut d'abord la déterminer par Expérience, à quelque hauteur connue; mais l'Auteur a perfectionné ces solutions dans son Livre *Harmonia mensurarum*, de sorte qu'on peut trouver cette rareté de l'air à une hauteur quelconque, sans être obligé de faire l'Expérience: ce qu'on peut regarder non-seulement comme quelque chose de très-curieux, mais aussi comme une preuve de l'excellence de sa méthode générale, de réduire les problèmes aux mesures des rapports & des angles, & cela immédiatement par les Tables des Logarithmes, des Sinus & Tangentes. Ce moyen est le plus court & le plus facile qu'on puisse employer dans la Théorie & dans la pratique. Pour preuve de ce que j'avance, je vais donner les solutions du problème que je viens de rapporter, & qui pourra servir de formule, sans cependant en donner la figure qui suppose une connoissance préliminaire des définitions que l'Auteur a données ailleurs. Mettant  $l$  pour le Logarithme de la rareté cherchée à une hauteur proposée  $a$ ;  $m$  pour le Logarithme constant 0.4342944819,  $h$  pour la hauteur d'une partie homogène de l'Atmosphère réduite par-tout à la densité de l'air que nous respirons,  $s$  pour le demi diamètre de la Terre: suivant l'hypothèse de la gravité uniforme de l'air à toute sorte

## QUINZIÈME LEÇON.

*L'air est le milieu qui nous transmet les sons ; examen de leur vitesse & de leur propagation.*

**I**L est aisé de conclure, des Expériences que vous venez de voir, que l'air est le milieu au travers duquel se fait la propagation des sons, depuis le corps sonore, jusqu'à notre oreille. A mesure que nous avons pompé l'air de notre Réipient, vous vous êtes apperçûs que le son de la clochette a diminué, & quand de hauteur, on a  $l = \frac{m}{b} \times a$  ; mais dans la véritable hypothèse de la pesanteur diminuée en raison de l'augmentation des quarrés des distances, on a  $l = \frac{m}{b} \times \frac{1}{s} \times a$ .

Dans le même Ouvrage, l'Auteur a donné une solution générale de ce problème aussi simple, qu'aucune des autres solutions particulières, en supposant la gravité comme une fonction quelconque de la distance du centre de la Terre.

L'estimation de la hauteur  $h$  à la pag. 174. est de 29254 pieds. M. Newton la fait 29725, prenant le rapport du vif-argent à l'eau ::  $13\frac{2}{3}$  à 1, & de l'eau à l'air, comme 870 à 1, quand le vif-argent est à 30 pouces dans le Baromètre. *Phil. nat. Princ. l. 2. prop. 50 Schol.*

L'air a été entièrement évacué, il a paru cesser entièrement. De même, à mesure que nous avons augmenté la densité de l'air par la compression, vous avez encore entendu le son s'augmenter, vraisemblablement dans la même proportion que l'air a été condensé.

On peut donc conclure raisonnablement, que l'air est le véritable & seul milieu, qui transmet les sons; car la cause & l'effet doivent se répondre mutuellement l'une à l'autre : quand on augmente ou diminue l'une, l'autre doit augmenter ou diminuer dans la même proportion.

Peut-être dira-t'on que l'air ne fait que concourir à la production des sons, & non pas à leur propagation; car il peut arriver que par le défaut d'air, le corps sonore souffrira dans ses parties un dérangement qui le rendra incapable de concevoir les mouvemens nécessaires, pour exciter en nous la sensation du son? Si nous accordons cette Objection, il faut avouer que nos Expériences ne prouvent pas ce que nous en avons prétendu con-

clure. Pour moi, je déclare, que je ne conçois point la supposition sur laquelle cette Objection seroit fondée; car suivant les idées que j'ai sur cette matiere, la présence de l'air seroit plutôt un obstacle aux mouvemens d'ondulation du Corps sonore, qu'un moyen capable de contribuer à leur production; cependant pour vous donner une plus grande satisfaction là-dessus, je vais vous rapporter quelques Expériences de M. *Hauksbée*, qu'on trouve dans les Transactions Philosophiques, desquelles il résulte que le vuide ne sçauroit transmettre les sons actuellement produits.

„ Je pris, dit-il, un Récipient épais;  
 „ armé d'un anneau de cuivre à son fond,  
 „ dans lequel je renfermai une clochet-  
 „ te aussi grande que le Récipient la  
 „ pouvoit contenir, j'attachai fortement  
 „ par le moyen d'une vis, ce Récipient  
 „ à la platine de la Machine Pneumati-  
 „ que, avec un cuir mouillé entre deux;  
 „ il étoit rempli d'air commun qui ne  
 „ pouvoit aucunement sortir, je le cou-



## EXPERIMENTALE. 301

pris d'un autre Récipient plus large, & je pompai exactement l'air enfermé entre deux : par ce moyen j'étois sûr, que quand le battant viendrait à frapper la cloche, il se produiroit du son dans le Récipient intérieur, qui étoit plein d'air commun, & qui n'avoit souffert aucune altération par le vuide fait tout autour. Tout étant ainsi prêt, j'ai agité le battant de la cloche, mais il n'a passé aucun son au travers du vuide, quoi que je fusse très-certain qu'il s'en produisoit actuellement dans le Récipient intérieur : , il conclut de cette Expérience, que l'air est le milieu qui transmet les sons.

Maintenant, pour expliquer comment se fait la propagation du son, la plupart des Physiciens ont recours à cet Expérience si commune d'une pierre jetée dans une eau dormante ; car comme la surface de l'eau se couvre de vagues circulaires qui naissent successivement de la pierre, comme centre ; & s'en éloignent toujours parallèlement, en deve-

nant de plus grandes en plus grandes, jusqu'à ce que rencontrant enfin le bord, elles s'évanouissent ou se réfléchissent les unes sur les autres ; de même , disent-ils, ces mouvemens d'ondulation si nécessaires dans les Corps pour produire les sons, doivent exciter dans l'air de pareilles vagues, qui s'étendant à de grandes distances , dans des cercles concentriques, viennent enfin jusqu'à nos organes, sur lesquels ils impriment un certain frémissement qui excite dans notre ame la sensation du son.

Il faut avouer que cet exemple peut assez bien nous représenter les mouvemens imperceptibles de l'air, qui nous transmet les sons ; mais on ne doit pas porter la comparaison trop loin , car il est certain qu'elle ne se maintient pas bonne à tous égards ; quelques Physiciens du premier ordre se sont entêtés mal-à-propos sur cette Expérience , & ont voulu y découvrir une analogie plus exacte qu'elle n'est nécessaire. Je vais vous rapporter deux circonstances de cette Expé-

rience, dans l'une desquelles ces mouvemens de l'air & de l'eau s'accordent parfaitement bien, tandis qu'ils sont tout-à-fait contraires dans l'autre.

On peut facilement s'appercevoir, que les ondulations de la surface d'une eau dormante ne se transmettent pas seulement directement en avant ; car si on met quelque obstacle capable d'en arrêter le cours, leur mouvement devenant oblique, elles se dilateront dans la partie de l'étang qui est immédiatement derriere l'obstacle, au lieu que cette partie auroit dû demeurer tranquile & unie, & n'auroit jamais dû participer à ce mouvement d'ondulation, s'il ne se fût étendu que par autant de rayons partis du Corps projeté.

Figurez-vous une cloison qui passe au travers d'un étang, & qui le partage en deux parties ; imaginez qu'on a fait au milieu de cette cloison, une ouverture par laquelle l'eau peut communiquer d'une partie dans l'autre. Or si d'un côté l'on jette une pierre, les vagues continueront

## 304 LEÇONS DE PHYSIQUE

à s'étendre jusqu'à ce qu'elles arrivent à la cloison où elles seront en partie réfléchies, tandis qu'une autre partie passera par l'ouverture, & s'étendra dans l'autre partie de l'eau; mais ces ondes s'étendront régulièrement, comme si elles eussent eu l'ouverture de la cloison pour centre, & non pas par un mouvement direct & semblable à celui qu'elles avoient d'abord dans la première surface de l'eau avant que d'avoir passé par le trou, car la cloison la détruit; mais ce mouvement latéral & oblique est occasionné par l'inflexion qu'elles ont soufferte en passant par l'ouverture.

De même on peut observer que les Ondulations de l'air qui transmettent les sons d'un lieu à un autre, ne se distribuent pas non plus suivant des lignes droites tirées du Corps sonore, car s'il se trouve quelque obstacle, elles se plient aussi-tôt autour de lui, & arrivent à l'oreille de l'Auditeur par un mouvement oblique: c'est ainsi que deux personnes peuvent s'entretenir, quoiqu'il y ait une muraille

Muraille fort haute entre deux : or il est certain que dans ce cas, le Son ne va pas de l'un à l'autre par un mouvement direct, mais qu'il monte depuis celui qui parle, jusqu'au haut du mur où rompant son cours, il descend & parvient à l'oreille de l'Auditeur; de même quand on tire un coup de fusil sur le penchant d'une montagne, on entend fort bien le Son de l'autre côté, quoiqu'il soit certain que ce Son n'y sçauroit parvenir qu'en se détournant, ou par dessus le sommet de la montagne, ou par ses côtés : ce sont des faits dont tout le monde peut se convaincre par sa propre Expérience ; mais les Philosophes se laissent souvent entraîner par les préjugés, même jusqu'à contester les faits. Examinons donc la chose avec attention, & voyons quelles conséquences nous en pouvons tirer.

Pour cet effet, je tâcherai d'abord de vous faire comprendre aussi clairement qu'il me sera possible, comment ces ondulations se produisent dans l'air, & comment elles s'y conservent. Il est inu

### 308 LEÇONS DE PHYSIQUE

tile d'insister ici davantage sur celles qui se font sur la surface de l'eau, car il paroît qu'on n'a jamais beaucoup disputé sur leur propagation oblique.

Concevez donc, que quand les particules du corps Sonore viennent à prendre un mouvement de vibration, elles sont portées successivement en avant & en arrière : or quand elles vont en avant, elles doivent nécessairement presser les parties d'air qui leur sont contiguës, & les mouvoir aussi en avant dans la même direction que la leur, & par conséquent elles condenseront ces parties d'air ; mais quand les parties du corps Sonore retourneront en arrière, les parties d'air qui avoient été condensées se rétabliront en se dilatant, d'où il est manifeste que les parties d'air contiguës iront & viendront, & seront sujettes à un mouvement de vibration semblable à celui des parties du corps Sonore.

Par la même raison que le corps Sonore produit des vibrations dans les parties d'air qui lui sont contiguës, celles-

**C**i communiqueront un pareil mouvement à leurs voisines, & celles-ci à d'autres, & ainsi de suite ; & de même que les premières sont condensées en allant en avant, & raréfiées en retournant en arrière, de même aussi les dernières seront condensées en avant, & dilatées en retournant en arrière, par conséquent elles n'iront point toutes ensemble en avant, & ne reviendront point toutes ensemble : car dans ce cas, leurs distances respectives seroient toujours les mêmes, & par conséquent elles ne pourroient être successivement condensées ni raréfiées ; mais en se heurtant les unes les autres quand elles sont condensées, & s'écartant quand elles sont raréfiées, il faut qu'une partie aille en avant, pendant que l'autre retourne en arrière, & que cela se fasse successivement depuis la première jusqu'à la dernière.

Maintenant, le mouvement des parties qui vont en avant, & qui dans cette progression viennent à être condensées, constitue ces vibrations qui frappent notre

### 308 LEÇONS DE PHYSIQUE

oreille, & les autres Corps qui leurs soient exposés. C'est ainsi que se fera la propagation du Son, par les vibrations successives de l'air, qui partiront du corps Sonore; & parce que les vibrations de ce corps Sonores, se succéderont par des intervalles de temps égaux, celles qui seront excitées dans l'air par ces différentes vibrations, se succéderont aussi les unes aux autres par des intervalles de temps égaux.

Vous voyez donc que les ondulations de l'air consistent dans une raréfaction, & une condensation réciproque de ses différentes parties, comme celles de l'eau consistent dans un flux & reflux successif & réciproque des parties de l'eau; les vibrations des parties d'air condensées répondent aux ascensions de l'eau dans le flux, & comme ces parties d'eau ainsi élevées descendent par leur pesanteur, de même les parties d'air condensées se raréfient ensuite par la force de leur *Elasticité*.

On peut observer encore, que quoi-



que ces vibrations soient étendues à de très-grandes distances, par un mouvement direct & progressif; cependant les espaces dans lesquels les parties d'air font leurs vibrations, sont très-petits & presque insensibles. Il est inutile pour la propagation de ces vibrations, que toute la masse d'air soit muë directement en avant, comme dans le cas du vent : car par un semblable mouvement, comme je l'ai déjà dit, les parties d'air garderoient toujours les mêmes distances respectives entr'elles, & par conséquent ne seroient pas condensées ni raréfiées successive-ment; or quelque petit que soit cet espace dans lequel ces parties achevent leurs vibrations, il sera toujours suffisant pour produire une condensation successive des parties, en quoi consiste le progrès de chaque vibration.

Il reste maintenant à prouver, que la propagation de ces vagues se fait non-seulement en avant par des lignes droites, suivant la direction du mouvement des parties du corps Sonore, mais aussi de

## § 12 LEÇONS DE PHYSIQUE

si longtemps sur cette matière, si ce que je viens de vous dire, d'après *M. Newton*, peut servir à vous faire comprendre, comment se fait la propagation du Son au travers de l'air. Cette explication décide encore une question importante de Physique sur la propagation de la lumière.

Quelques-uns ont crû que le soleil devoit élaner continuellement, & avec une force incroyable des particules de matière très-déliées, qui après avoir traversé des distances immenses, impriment dans nos yeux ce mouvement nécessaire pour exciter dans notre âme la sensation de la lumière ; d'autres au contraire, & en plus grand nombre, ont crû que les particules de la lumière, qui affectent nos yeux, n'arrivent point immédiatement du soleil, mais participent seulement de son mouvement, & que ces particules reçoivent ce mouvement par l'entremise d'une matière subtile & étherée qui s'étend du soleil à nous, & dont elles mêmes sont des parties.

*Descartes*, qui a soutenu le système du

plein, a pensé que la propagation de la lumière consistoit seulement dans une semblable pression transmise en un instant du soleil à nous, au travers du plein, mais cette explication a été amplement réfutée dans la suite, par la merveilleuse découverte de M. Roëmer. Il a fait voir clairement, par les Observations des Eclipses des Satellites de Jupiter, que la propagation de la lumière est successive & ne se fait pas en un instant, quoique sa vitesse soit presque incompréhensible, puisqu'il ne lui faut qu'un demi quart d'heure pour venir du soleil à nous, tandis qu'un boulet de canon qui iroit toujours avec la même vitesse qu'il a en sortant de la pièce, emploieroit 25 ans à parcourir le même espace.

M. Huyghens a proposé une nouvelle hypothèse, dans laquelle il suppose que ce mouvement si rapide, se transmet du soleil à nous, par des ondulations successives de l'éther, semblables à tous égards à celles de l'air dans la propagation des sons. Quand on examine avec soin toutes

les différentes parties de cette hypothèse, elle paroît très-ingénieuse & si heureusement assortie, qu'on ne sçauroit s'empêcher de la desirer véritable. Mais il résulte des Observations que j'ai faites cy-devant, que ni cette hypothèse ni aucune de celles qui supposent un Fluide intermédiaire entre le soleil & nous, ne sçauroient expliquer comment se fait la propagation de la lumière; car si cette hypothèse avoit lieu, il s'en suivroit que la lumière n'auroit pas un simple mouvement direct & progressif, mais qu'elle pourroit aussi se répandre obliquement, comme le Son, quand elle trouveroit quelque obstacle, qu'elle pourroit pénétrer dans les espaces qui seroient au-delà de ces obstacles: d'où il suivroit que nous devrions avoir un jour perpétuel, même à minuit, & qu'une Éclipse totale de Soleil seroit impossible. Je pourrois encore ajouter quelques autres remarques, sur le mouvement de la lumière, mais ce seroit une trop longue digression, je reviens à mon sujet.

La seconde particularité que j'ai à vous faire observer, c'est la différence des vitesses, des ondulations de l'air & de celles de l'eau.

On a trouvé par plusieurs Observations réitérées, & on est généralement d'accord là-dessus, que tous les Sons, sont portés au travers de l'air avec une vitesse déterminée, & que la grandeur ou la petitesse du Son ne contribuë en rien, à en augmenter ni diminuer la vitesse : Or on pouvoit croire que les ondulations de l'eau, s'étendroient aussi toujours depuis le Corps central, qui les excite avec une vitesse aussi déterminée, quelque fût la grandeur ou la force du Corps central, quoiqu'à la vérité elle fut différente de la vitesse des Sons, d'autant qu'elles sont toutes deux excitées dans différents milieux.

C'a été le sentiment de *Gassendi*, qui a imaginé un parfait accord entre ces ondulations de l'air & celles de l'eau, mais cette opinion a été réfutée, par les Physiciens de l'Illustre Académie *del cimento*

### 316 LEÇONS DE PHYSIQUE

de *Florence* , qui ont trouvé qu'elle étoit contraire aux Expériences , ils nous disent au contraire , que des Expériences réitérées leur ont fait connoître , que plus la pierre est large , & plus la force avec laquelle elle est jettée dans l'eau est grande , plus aussi les vagues ont de vitesse.

M. *Newton* dans son Excellent Livre ; *Principia Philosophiæ* , &c. va plus loin ; il considère la nature de ces vagues , & de quelle manière elles se forment , & de cette simple considération , il en déduit *a priori* les vitesses ; il conclut que quand la force qui produit ces ondulations devient plus grande , & par conséquent , que quand leurs distances mutuelles sont aussi plus grandes , leurs vitesses augmentent en raison soudoublée de leurs distances. Ainsi si cette force augmente assez , pour que les distances entre les ondes deviennent 4 fois plus grandes qu'auparavant , la vitesse sera double , si leur distance devient 9 fois plus grande , leur vitesse sera triple , & quadruple si ces distances sont 16 fois plus grandes ; & ce qu'il y a de

plus particulier , c'est qu'il fait voir que dans tous les cas , la vitesse est telle , que si on prend la longueur d'une pendule égale à la distance des vagues , elles parcourront un espace égale à ce même intervalle entre deux ondes , dans le temps que le pendule fera ses vibrations ; par conséquent si la distance entre les ondes est de 39 , 2 pouces , elles parcourront cet espace en une seconde de temps ; mais si la distance devient plus grande ou moindre que 39 , 2 pouces , l'espace parcouru dans une seconde , augmentera ou diminuera dans une proportion soudoublée de la distance augmentée ou diminuée.

Sa maniere de prouver ces conséquences est très-curieuse , & je crois que je pourrois la rendre assez intelligible , mais comme elle n'est pas absolument essentielle à mon sujet , j'aime mieux vous renvoyer à son livre. La vitesse du Son , que cet incomparable Physicien a aussi déduite *à priori* , est ce qui mérite à présent notre attention. Sa maniere de raisonner sur cette matiere est si sublime & exige

### 318 LEÇONS DE PHYSIQUE

une si grande application , que je pense qu'il ne convient pas ici d'en faire le détail , il suffira de vous faire entendre la méthode générale.

Vous sçavez que pour former ces ondulations nécessaires à la propagation du Son , chaque particule d'air doit être mue en avant & en arrière , en tournant pour ainsi dire , dans un espace très-petit. *M. Newton* va plus loin , il fait voir que ce mouvement en avant & en arrière n'est pas uniforme , mais accéléré & retardé par degrés , & précisément le même que celui d'un pendule : ce qu'ayant démontré , il conçoit l'Atmosphère réduite par-tout dans une densité uniforme , & semblable à celle de l'air que nous respirons à la surface de la Terre. Vous vous souvenez bien que nous avons déterminé la hauteur de l'Atmosphère ainsi réduite d'environ 5 milles  $\frac{1}{2}$ . Il imagine donc un pendule aussi long que cette hauteur , & calcule dans quelle proportion de temps , les particules d'air & ce pendule accompliront leurs vibrations respectives , en



## EXPERIMENTALE. 315

Comparant ces espaces & les vitesses avec lesquelles ils sont parcourus, il trouve que le temps des vibrations des particules d'air, est à celui des vibrations du pendule, comme la distance des ondes entr'elles, ou comme l'intervalle des vibrations, est à la circonférence d'un cercle, dont le demi diamètre feroit la longueur du pendule, ou la hauteur de l'Atmosphère réduite.

Or les vagues en allant en avant, décrivent un espace égal à leur intervalle, dans le temps que chaque particule d'air fait sa vibration; donc le temps dans lequel les ondes parcourent un de leurs intervalles, est au temps auquel le pendule fait une de ses vibrations en allant & venant, comme l'intervalle entre les ondes, est à la circonférence que je viens de déterminer.

D'où il conclut que la vitesse de ces ondes de l'air, ou ce qui est la même chose, que la vitesse du Son est telle qu'il pourroit parcourir un espace égal à la circonférence d'un cercle, dont le demi

## 320 LEÇONS DE PHYSIQUE

diamètre seroit la hauteur de l'Atmosphère réduite , dans le temps qu'un pendule de la même longueur , que ce demi diamètre seroit une de ses oscillations , ou pour m'exprimer encore plus simplement , que la vitesse du Son seroit égale à celle qu'auroit acquise un Corps pesant , en tombant de la moitié de la hauteur de l'Atmosphère réduite.

De-là il calcule , & après les réductions nécessaires , il trouve que le Son doit parcourir 1142 pieds par secondes , ce qui s'accorde avec les Observations les plus exactes , & ce qui confirme sans réplique , que l'air seul , à l'exclusion de tout autre Fluide qu'on pourroit imaginer répandu entre ses parties , est le milieu qui transmet le Son.

Il faut avouer , que ceux qui ont observé la vitesse du Son , ne se sont pas toujours accordés dans leurs mesures. Mais on doit attribuer cette différence au défaut d'exactitude des méthodes qu'ils ont employées , ou bien aux distances qu'ils ont choisies trop petites pour faire leurs Expériences.

## EXPERIMENTALE. 311

**Expériences.** Je vais rapporter les meilleures ; auxquelles on puisse se fier.

M<sup>rs</sup> *Cassini* , *Picard* & *Roëmer* , trois illustres Membres de l'Académie Royale des Sciences , ont faits leurs Expériences à la distance d'environ un mille & demi , & ont trouvé que le Son parcourroit dans une seconde de temps , environ 1172 pieds. L'Académie *del Cimento* de *Florence* , a fait faire ses Expériences à la distance d'environ 3 milles , & a trouvé 1148 pieds par seconde. Messieurs *Hallei* & *Flamsteed* par une Observation faite à pareille distance , ont trouvé 1142 , & cette dernière vitesse est confirmée par de plus exactes recherches de M. *Derham* , Recteur d'*Upminster* , dans la Province d'*Essex* , & Membre de la Société Royale. *Transactions Philos.* N<sup>o</sup>. 313.

On trouve dans les *Transactions Philosophiques* , un détail des Observations qu'il a faites avec grand soin pendant l'espace de trois années à différentes distances , depuis un mille jusqu'à 12. Nous pouvons donc conclure avec assurance ;

que la vitesse du Son est de 1142 pied par seconde, à très-peu de chose près.\*

Je dis à peu de chose près, parce qu'il est certain que le vent favorable ou contraire, peut augmenter ou diminuer cette vitesse. Chacun sçait que le vent n'est autre chose, qu'une certaine quantité d'air muë en avant, avec un mouvement direct & progressif; si donc ce volume d'air est mû dans le même sens que les ondes Sonores, les ondes participeront de ce mouvement: s'il est mû en ce sens contraire, les ondes seront retardées, de sorte que la vitesse du Son augmentera dans le premier cas, & sera retardée dans le second, proportionnellement à la vitesse du vent.

\* Par des Expériences plus récentes, & faites avec beaucoup de soins, M. Cassini le fils a déterminé la vitesse du Son, entre la Tour de Montlbery & la Pyramide de Montmartre, [dont la distance est 14636 t.] de 173 toises, ou 1038 pieds par seconde = 1106 pieds Anglois; & à une distance de 22537 toises, sçavoir, entre le Fanal de Saint & la Tour de Constan à Aigues-mortes, le Son traversant une partie du Golfe de Lyon, il a déterminé sa vitesse de 1041 pieds par seconde = 1109  $\frac{1}{2}$  pieds Anglois. Dans ces Expériences le vent étoit insensible, ou souffloit transversalement. Mém. Ac. année 1738. pag. 135. & 1739. pag. 127.

L'Académie de Florence , & quelques autres Physiciens , qui ont fait de semblables Expériences , n'ont point observé que le vent changeoit sensiblement la vitesse du Son , c'est pourquoi on a cru qu'il conservoit toujours la même vitesse ; mais *M. Derham* nous a enfin détrompé , il nous assure que dans certaines Observations , il a trouvé une accélération dans les vitesses qui , quoique fort petite , est cependant assez sensible à de grandes distances , telles que celles dont il s'est servi. Il a fait aussi plusieurs Expériences sur la vitesse du vent en particulier , il dit que par une tempête si violente , qu'elle renversa presque un moulin à vent , auprès duquel il faisoit ses Observations , il a trouvé plusieurs fois que le vent n'avoit que 66 pieds de vitesse par seconde , d'où il est facile de conclure qu'un vent modéré ne change pas sensiblement la vitesse du Son.

Considérons à présent les effets du chaud & du froid sur le Son. Puisque par la chaleur l'air se dilate , il est évident

### 324 LEÇONS DE PHYSIQUE

que la hauteur de l'Atmosphère, supposé qu'elle soit par-tout de même densité, augmentera à proportion de cette expansion, & par conséquent, que la vitesse du Son qui est égale à la vitesse qu'acquerrait un Corps pesant, en tombant de la moitié de cette hauteur, sera aussi augmentée en raison soudoublée, de cette même expansion, & on peut dire la même chose des effets du froid, sçavoir que la vitesse du Son diminuera en raison soudoublée de la condensation de l'air.

Par quelques Observations faites sur la dilatation & la condensation de l'air, depuis son plus grand degré de chaleur jusqu'à son plus grand degré de froid, j'ai trouvé que la moyenne vitesse du Son pouvoit augmenter ou retarder de  $\frac{1}{30}$ , & qu'ainsi le Son peut parcourir  $1141 \pm 38$  pieds en une seconde, selon que la saison est plus chaude ou plus froide (a).

(a) Par l'Expérience de M. Hauksbée, (Transf. Phil. n°. 315) les proportions de la plus grande, de la moyenne & de la moindre dilatation de l'air dans ces climats, sont exprimées par les nombres 144, 135, 126, qui sont comme 32, 30, 28, (en divisant par 4, 5) supposons donc la moyenne hauteur de l'Atmosphère réduite, divisée en 30

Quoique M. *Derham* dise qu'il n'a jamais observé, que le chaud & le froid apportent de différence sensible dans la vitesse du Son, nous ne devons cependant pas conclure contre la Theorie, qu'il n'y en a aucune; je ne doute point de son exactitude ni de sa fidélité, & j'aime mieux dire, qu'apparemment quand il a fait ses Expériences, les variations du froid au chaud étoient trop peu considérables, pour que cette différence dans la vitesse du Son pût se faire appercevoir, ce qui peut fort bien être, puisqu'à peine dans la plus grande variation de la chaleur, cette différence est-elle de la  $\frac{1}{30}$  partie de la vitesse.

Ce qu'il ajoute sur la variation de la hauteur du mercure dans le Baromètre, sçavoir, qu'elle n'a aucune influence sur la vitesse du Son, est plus facile à croire,

parties égales, la plus grande hauteur sera 32, & la moindre 28; donc par ce qui a été prouvé dans cette Leçon, la moyenne vitesse du son augmentera en raison soudouble de 30, à 32, c'est-à-dire, comme 30, à 31 environ; cette augmentation sera donc  $\frac{1}{30}$  de la moyenne vitesse, ou  $\frac{1}{38}$  de 1142 pieds, ou bien enfin 38 pieds par seconde; cette moyenne vitesse pourra être diminuée de la même quantité.

### 328 LEÇONS DE PHYSIQUE

car cela se confirme aussi par la Theorie. Il est certain que la hauteur de l'Atmosphère réduite au même degré de densité, ne doit point fuivre les variations du Baromètre; car quoique l'étendue de cette Atmosphère uniforme soit souvent changée, cependant (mettant à part les variations par le froid & le chaud,) la densité changera toujours dans la même proportion, & la hauteur demeurera toujours la même, par conséquent la vitesse acquise en tombant de cette hauteur, (qui est égale à celle du Son,) demeurera aussi toujours la même.

D'où l'on voit que la propagation du Son est également prompte, soit que l'air soit plus rare ou plus dense, ou que son Elasticité augmente ou diminuë dans la même proportion que sa densité; ce qui arrive toujours, excepté quand le chaud & le froid dérangent cette proportion.





## SEIZIÈME LEÇON.

*L'air est quelquefois absorbé, & quelquefois il est re-produit : la nature de cet air artificiel ; Explosions dans le vuide , dissolutions , fermentations , &c.*

**Q**UOIQUE les Expériences que nous venons de faire , soient suffisantes pour nous convaincre que certains Corps solides qui souffrent quelque altération dans leurs parties , peuvent produire une quantité d'air considérable , soit que cette altération se fasse par degrés & insensiblement , comme dans la putréfaction & les fermentations très - lentes , soit qu'elle se fasse très - promptement comme dans les dissolutions , soit enfin que cette altération soit instantannée comme dans l'explosion de la poudre à canon : cependant j'aurois ajouté pour plus grandes preuves , l'Expérience que fit il y a quelque temps le Docteur *Slare* , sans le danger qu'il y a de la répéter : en voici le détail qu'il a donné lui-même.

### 328 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ Nous prîmes, dit-il, une demie drachme d'huile de semences de *Carvi*, &  
„ nous la versâmes dans un petit pot de fayance ; ayant mis dans une petite bouteille, une drachme de notre esprit de Nitre composé, & placé cette petite bouteille dans le pot de fayance, nous mîmes le tout sous un Récipient de trois pintes, sur la Machine Pneumatique de *M. Papin* ; quand nous eûmes vidé tout l'air, nous renversâmes la bouteille, pour voir ce qui arriveroit de ce mélange dans le vuide ; mais en un clin d'œil le Récipient sauta en l'air, & le mélange s'enflamma, ce qui nous effraya tous. Je n'ai jamais rien vû ni entendu de semblable d'aucun mélange fait dans le vuide, quoi que j'en aie fait plus d'un millier : car à en juger par les Expériences surprenantes de l'illustre *M. Boyle*, l'absence d'air devoit presque toujours éteindre le feu & la flamme ; l'élancement du Récipient fait aussi une Expérience des plus singulieres & des plus difficiles à expliquer.

Comment ces liqueurs, dont la quantité est à peine une drachme & demie, ont-elles pû produire une si grande quantité d'air ? car non-seulement elle a dû être suffisante pour emplir le Récipient, mais il a fallu encore que cet air fut assez comprimé, pour excéder la résistance considérable de la partie de l'Atmosphère, qui pesoit sur ce Récipient, dont le diamètre étoit de six pouces, & la hauteur de plus de huit, sans quoi il n'auroit pû sauter en l'air.

En considérant attentivement les Phœnomènes de cette Expérience, nous trouvons que la résistance étoit de quelques quintaux, & qu'ainsi la force avec laquelle le Récipient a été élan- cé, a dû être beaucoup plus grande ; cette explosion n'a pû être occasionnée par la dilatation de l'air commun caché entre les parties des liqueurs, car on l'a vû sortir de ces mêmes liqueurs avant le mélange, à mesure qu'on a pompé celui du Récipient. Il est très-certain que la Pompe n'en avoit laissé

### 330 LEÇONS DE PHYSIQUE

„ aucune particule Elastique. Cet air  
 „ donc été produit dans l'instant du mé-  
 „ lange par la violente agitation de ces  
 „ liqueurs si dilatables ; il n'a pas été ab-  
 „ solument produit de nouveau , & nous  
 „ pouvons raisonnablement croire qu'il  
 „ y étoit renfermé , quoique dans un état  
 „ différent de celui de l'air ordinaire : car  
 „ tout ce qu'a produit l'effet de la Ma-  
 „ chine , a été seulement de le délivrer  
 „ de la compression de l'Atmosphère en  
 „ le laissant se dilater , comme fait une  
 „ vessie quand on cesse de la comprimer ,  
 „ & qu'on ôte tout ce qui s'oppose à son  
 „ expansion ; nous avons donc raison de  
 „ conclure , que nos liqueurs ont de cet-  
 „ te sorte d'air , qui par l'inflammation  
 „ prend un mouvement rapide , & se di-  
 „ late à un degré capable de produire  
 „ un effet aussi surprenant que celui que  
 „ je viens de rapporter. Les circonstan-  
 „ ces singulieres de cette Expérience ,  
 „ me fait appeller ce mélange , une espe-  
 „ ce de *Poudre à Canon liquide.* „

Je vais maintenant vous donner un dé-

tail abrégé des Observations de M. Boyle, qu'on trouve dans la seconde continuation des Expériences Physico-mécaniques. Comme elles sont encore les meilleures, & presque les seules \* qu'on ait faites sur cet air artificiel, elles seront très-propres à nous faire connoître sa nature & ses propriétés; je ferai mon extrait aussi plus court que je pourrai, pour ne pas vous ennuyer. Ceux qui en désireront davantage, pourront lire cet excellent Ouvrage tout entier.

\* On en trouve un grand nombre & de très-belles, dans le sixième Chapitre de la Statique des Végétaux de M. Hayes, traduite en François par M. de Buffon.

## ARTICLE PREMIER.

### *Différents moyens de produire de l'air.*

**L**E Pain ne produit pas d'air par lui-même dans le vuide, mais quand il est un peu humecté & pâtri, il en produit une bonne quantité, d'où on a conclu que l'eau est un dissolvant capable de tirer l'air du Pain; on a aussi essayé de le brûler dans le vuide, avec un verre ar-

dent, & par ce moyen il s'est produit beaucoup d'air, qui s'élançoit à tout moment comme par fulmination ; d'où il est très-probable, que l'air de ce pain est si étroitement renfermé, qu'il n'est pas facile de l'en délivrer ; mais que si quelque chose peut le débarrasser, il peut alors produire de grands effets.

Des Raisins secs pilés & humectés, ont produit beaucoup plus d'air que d'autres qui n'étoient pas humectés ; il paroît donc que l'eau est un agent capable d'en tirer l'air. On a observé que la production de l'air, ne commence pas immédiatement dans le temps de l'affusion de l'eau, mais qu'elle se fait rapidement au bout de cinq ou six jours, quand les parties d'eau se sont insinuées profondément, & ont mieux pénétré les Raisins.

On a enfermé des Poires pilées dans deux Récipients différents, & on a trouvé que dans un de ces Récipients qui avoit été exposé au soleil, il s'étoit produit beaucoup plus d'air que dans l'autre, d'où on a conjecturé que la chaleur

**Du soleil aide beaucoup à la production de l'air.**

Des Raisins pilés dans le vuide avec de l'esprit de vin, ont produit beaucoup plus d'air que sans cette liqueur, d'où il paroît que l'esprit de vin concoure à la production de l'air dans les Corps enfermés dans le vuide, quoique par d'autres Expériences il paroisse empêcher entièrement cette production dans les Corps enfermés dans l'air commun.

Par des Expériences faites avec des Pommes cuites, cruës, sucrées, non sucrées, & enfermées dans des Récipients de différentes grandeurs, on a conclu, que la capacité des Récipients, le sucre & la crudité du fruit, concouroient tous à la production de l'air.

## A R T I C L E II.

*Différentes manieres d'empêcher la production de l'air.*

On a mis dans un Récipient vuide d'air, de la pâte faite avec de la farine de

### 334 LEÇONS DE PHYSIQUE

froment sans levain, & on a placé ce Récipient dans une chambre où il y avoit grand feu, néanmoins, la pâte n'a pas produit d'air dans l'espace de 10 heures, d'où on a pensé, que quand la pâte a une fois souffert trop de froid, elle peut à peine recouvrer sa faculté de fermenter; car dans un autre temps de la pâte faite sans levain dans l'Eté, a produit beaucoup d'air en peu de temps dans le vuide.

Sur de la pâte faite avec du levain, on a versé de l'esprit de vin, l'Expérience a fait voir que l'esprit de vin interrompoit la fermentation, & empêchoit la production de l'air.

Par quelques Expériences faites sur les Poires, on a vû que les fruits enfermés dans un Récipient avec une grande quantité d'air comprimé, ne produisoient pas une aussi grande quantité d'air artificiel, que dans les milieux moins denses; on a de plus remarqué, que cet air artificiel se produisoit à plusieurs fois, & que les variations de froid & de chaud contribuoient beaucoup à ces alternatives;



quoiqu'ils n'en soient pas la véritable cause. On a trouvé que la même chose arrivoit avec la Pâte.

On a mis dans un Récipient des Raisins secs pilés & trempés dans du vinaigre, on a vuïdé l'air, & on a trouvé que le vinaigre empêchoit la fermentation des Raisins, & par conséquent la production de l'air.

On a mis des Raisins secs & des Abricots dans deux Récipients, l'un desquels étoit plein d'air produit des Cerises, & l'autre plein d'air commun; on a trouvé que l'air artificiel des Cerises empêchoit les Abricots d'en produire, cependant on a jugé qu'il avoit altéré leur couleur & leur dureté, mais qu'il conservoit leur goût.

On a mis dans des Récipients plein d'air commun, des grappes de Raisin avec de l'Esprit de vin, & sans Esprit de vin: il a paru, que dans l'air commun l'Esprit de vin empêchoit la fermentation, quoique par d'autres Expériences, on ait trouvé qu'il l'animoit dans le vuide.

### 336 LEÇONS DE PHYSIQUE

Dans un Récipient vuide d'air , on a enfermé quelques Pêches avec de l'Esprit de vin , qui ne touchoit point les Pêches : on a enfermé dans un autre Récipient plein d'air commun d'autres Pêches en pareille quantité, sans Esprit de vin. On a trouvé par cette Expérience, que les vapeurs de l'Esprit de vin empêchoient quelquefois la fermentation & la production de l'air, mais toujours moins que l'Esprit de vin lui-même.

Par des Expériences faites sur de la Pâte levée, & sans levain, toutes deux avec l'Esprit de vin, & sans Esprit de vin, on a conclu que le levain empêchoit plutôt la production d'air, qu'il ne l'avançoit, si la Pâte n'étoit pas faite dans un lieu suffisamment chaud.

De l'Ale nouvelle ayant été renfermée dans un Récipient si plein qu'il ne pouvoit y rester d'air, & une pareille quantité de même Ale ayant été enfermée dans un autre Récipient, dans lequel on avoit réservé un espace plein d'air, il a paru que l'Ale fermentoit plus lentement s'il n'y

Il n'y a pas d'air dans le vaisseau, qu'avec de l'air, cependant à la suite du temps il fait un grand effort, si on ne lui a pas laissé assez de place pour s'étendre.

Ayant enfermé des Pois verts dans un Récipient vuide, avec de l'Esprit de vin & sans Esprit de vin, on a vû que l'Esprit de vin empêchoit la production de l'air des Pois.

### ARTICLE III.

*Les effets de l'air Artificiel, sont différents de ceux de l'air Commun.*

Par deux Expériences faites sur des Cerises, on a conclu que dans l'air artificiel, les fruits produisent moins d'air que dans l'air commun, & qu'ils y conservent mieux leur couleur & leur goût. On a aussi observé que les Cerises contiennent beaucoup d'air, qu'elles produisent très-irrégulièrement.

On a fait quelques Expériences avec des Raisins verts dans l'air commun, & dans l'air artificiel des Poires, desquel-

### 338 LEÇONS DE PHYSIQUE

les on a conclu que l'air artificiel étoit propre à altérer la couleur des fruits , & que cependant il conservoit leur goût.

On a trouvé qu'un mélange d'air commun & d'air produit des Cerises , conservoit mieux des Oranges , que l'air commun tout seul.

Ayant mis deux morceaux de chair de Boeuf dans deux différents Récipients, l'un desquels étoit rempli d'air commun, & l'autre d'air produit des Cerises , on a trouvé par la comparaison , que l'air des Cerises empêchoit la viande d'en produire.

On a mis dans un Récipient plein d'air ordinaire deux Oignons , pour voir si la végétation , augmenteroit ou diminueroit la quantité d'air renfermée avec ces Oignons ; on en a mis deux autres dans dans un Récipient plein d'air artificiel de la Pâte , & ayant comparé le résultat , on a trouvé que l'air artificiel n'empêchoit pas du tout la végétation , & que non-seulement le volume des Corps , mais aussi la quantité d'air , augmentoient dans la végétation.

Ayant enfermé du Verjus en grains dans de l'air artificiel des Pois, & dans de l'air commun, le résultat a confirmé que l'air artificiel conserve la couleur des fruits & en altère le goût, au contraire de ce qu'on a vû dans les premières Expériences.

On a enfermé de la Giroflée dans trois Récipients différents, sçavoir dans l'air ordinaire, dans le vuide, & dans l'air artificiel de la Pâte; on a observé que l'air artificiel altéroit plutôt la couleur, mais qu'il préservoit de la moisissure, ce qui arrive aussi dans le vuide.

Par une Expérience faite dans deux Récipients, avec de l'air commun & de l'air artificiel des Cerises, on a trouvé que ce dernier altéroit la fermeté & la couleur des Abricots; une petite partie de cet air fut d'abord absorbée.

On a mis dans trois Récipients des Raisins secs, sçavoir dans le vuide, dans l'air des Groseilles, & dans l'air commun; ces Expériences ont fait voir que l'air artificiel avoit avancé l'altération.

## 340 LEÇONS DE PHYSIQUE

On a enfermé quelques Pêches dans un Récipient plein d'air commun & d'air produit des Raisins, dans lequel on avoit laissé les Raisins, pour que l'air commun fût mieux saoulé d'air artificiel ; on a conclu de cette Expérience, que l'air commun corrompt bien-tôt les fruits, & que cependant il le fait moins vite, s'il est mêlé d'air artificiel.

Dans quatre Récipients différents, on a mis d'égales quantités de Poires coupées par morceaux, un de ces Récipients étoit plein d'air commun & fermé exactement, l'autre étoit plein du même air, mais non pas exactement fermé, un troisième étoit plein d'air des Cerises, enfin le quatrième étoit vuide. On a observé que la corruption ne commence pas plutôt dans l'air libre que dans l'air renfermé ; mais quand elle a une fois commencé, elle va beaucoup plus rapidement dans l'air libre, l'air enfermé paroissant être bien-tôt rassasié. On a aussi observé, que l'air artificiel étoit très-propre à amollir les fruits, & il paroît probable que la pro-

duction de l'air a été ici excitée par l'air artificiel, quoiqu'il en soit arrivé autrement avec les Abricots ; dans une autre Expérience.

On a enfermé des Abricots dans quatre Récipients différents , dont un bien fermé & plein d'air commun : l'autre plein du même air , mais mal fermé : un troisième plein d'air commun mêlé d'air artificiel des Pois : enfin le quatrième plein d'air commun raisonnablement comprimé : on a conclu, que la quantité de la corruption est proportionnelle à la quantité d'air , & que dans l'air artificiel l'altération est plus vive, mais qu'à la suite du temps la corruption y devient beaucoup plus grande que dans l'air commun.

#### ARTICLE IV.

*Les effets de l'Air comprimé , sont différents de ceux de l'Air commun.*

Ayant mis des Oignons dans l'air commun & dans l'air condensé , on a trouvé qu'une legere compression, n'empêchoit

pas les Corps de se raréfier par la végétation.

On a mis des Tulipes & des pieds d'Allouettes dans de l'air commun & dans de l'air condensé, & on a jugé que la compression empêche dans quelques plantes la putréfaction & la moisissure.

On a mis dans de l'air commun & dans de l'air condensé une moitié d'Orange, & l'Expérience a confirmé, que l'air condensé retarde quelquefois la corruption ; cependant quelques Expériences ont prouvé que le progrès de la corruption dépend de la quantité d'air.

Ayant renfermé dans l'air commun, & dans l'air comprimé d'égales quantités de Roses, il a paru que l'air comprimé en altéroit plus volontiers les couleurs que l'air ordinaire.

On a mis les deux moitiés d'une Orange dans l'air comprimé & dans l'air ordinaire, d'où l'on a jugé que la moisissure dépend de la quantité d'air.

On a enfermé deux Souris dans l'air commun & dans l'air comprimé, on a



trouvé que la Souris dans l'air commun avoit absorbé quelque quantité d'air ; & en comparant le temps que chacune a vécu dans cette prison , on a décidé que l'air comprimé entretenoit mieux la vie des animaux, mais on doit observer que cette compression n'étoit pas bien grande.

On fait la même Expérience sur des Mouches, & il a paru qu'elles n'étoient pas sensibles à une petite compression, ni même à une grande raréfaction, à moins qu'elle ne fut très-considérable ; on a voulu faire la même chose sur des Grenonilles, mais on n'en a rien pû conclure de certain.

Par une autre Expérience faite avec des Oranges coupées, on a confirmé que la quantité de moisissure dépendoit de la quantité d'air ; mais on a aussi observé que la moisissure paroissoit un peu plus tard dans l'air comprimé que dans l'air commun : quoique par la suite elle s'étende beaucoup davantage dans l'air comprimé. On a conclu la même chose de quelques Expériences répétées sur des

## 344 LEÇONS DE PHYSIQUE

Roses, sur des morceaux de Limon, sur de la Giroflée.

On a mis dans un Récipient plein d'air commun une Souris, pour sçavoir si elle produiroit ou absorberoit de l'air on a conclu qu'un Animal vivant consomme de l'air, mais qu'un Animal mort en produit.

Par quelques Expériences faites sur des Animaux, on a trouvé qu'une grande compression leur est nuisible & même mortelle.

### A R T I C L E V.

#### *Effets de l'air artificiel sur les Animaux.*

On a enfermé dans un Récipient des Abeilles vivantes, du vinaigre distillé & du corail en poudre; ayant bien pompé l'air du Récipient, on a jeté le corail dans le vinaigre, mais l'air produit par la fermentation n'a pas rendu le mouvement aux Abeilles; cependant quand elles ont été dans l'air commun, elles ont commencé à s'agiter, d'où on a soupçonné

Donné que l'air artificiel nuisoit aux Animaux.

On a mis deux Mouches dans un Récipient , dans lequel on avoit introduit l'air artificiel des Groseilles à la place de celui qu'on avoit pompé , on en a mis deux autres dans le vuide d'abord , & ensuite on leur a rendu l'air ; celles-ci ont continué à se mouvoir dans cet air nouvellement rendu , tandis que les autres sont mortes , malgré l'air artificiel des Groseilles. On a répété cette Expérience , dont le succès a confirmé que l'air artificiel est nuisible aux Animaux.

Ayant rempli trois Récipients avec de l'air de la Pâte , on a mis dans un d'eux un cornet parfumé auquel on a mis le feu , ce Récipient étoit bouché , le feu s'est éteint en une minute de temps ; on a ensuite chassé l'air artificiel avec un soufflet , & on a rallumé le papier , or quoique le Récipient fut fermé aussi exactement qu'auparavant , le papier néanmoins a flambé assez longtemps.

On a mis une Mouche dans le second

### 346 LEÇONS DE PHYSIQUE

Récipient, elle a paru mourir subitement, mais ayant été exposée au soleil, elle est revenue en peu de temps, on a soufflé l'air du Récipient, & on a remis la Mouche, il ne lui est plus rien arrivé. On a répété la même Expérience avec la même Mouche, dans un troisième Récipient rempli aussi d'air artificiel, l'Expérience a réussi de même, excepté que la Mouche ayant été plus longtemps renfermée, ne s'est pas sitôt rétablie; d'où il paroît que non-seulement l'air artificiel est contraire aux Animaux, mais aussi à la flamme.

On a fait encore plusieurs autres Expériences sur différents Animaux, d'où on a conclu comme auparavant, que l'air artificiel leur est très-pernicious, mais que si on le mêle avec de l'air commun, il ne produit pas si promptement ses effets, & il paroît d'autant plus pernicious qu'il est moins mêlé; on a pensé aussi que l'air artificiel nuit plus aux Animaux que le vuide même, d'où on a conclu qu'il tue par quelque qualité venimeuse, &

non pas par le défaut d'air commun. L'air produit des Cerises , a quelquefois été moins nuisible aux Grenouilles , que l'air produit de la Pâte ; l'air produit des Groseilles moins nuisible aux Souris , que celui de la poudre à canon , & les Linçons ne se sont pas si mal trouvé de l'air des Pois , que de celui de la Pâte.

ARTICLE VI.

*Animaux dans le vuide.*

Un Papillon qu'on avoit enfermé sous un Récipient vuide d'air , a cessé de se mouvoir au bout de trois heures , & quand on a laissé rentrer l'air , il a paru se mouvoir comme à l'ordinaire. On l'a ensuite lié par une de ses Cornes , & on l'a suspendu par le fil dans le Récipient , il s'agitoit & se portoit très-librement de côté & d'autre en battant des aîles ; mais quand on a repompé l'air , il a reparu immobile , car il n'a pû remuer le fil ni se déranger tant soit peu de la perpendiculaire.

Par une autre Expérience faite sur des Mouches dans un air très-raréfié, on a conclu qu'il ne faut à ces insectes qu'une très-petite quantité d'air.

On a tenu assez longtemps des Limaçons dans le vuide, jusqu'à ce qu'ils parussent avoir perdu tout leur mouvement, dans cet état ils ont produit quelque Air, quoiqu'ils ne fussent pas si bien morts, qu'ils n'en pussent réchapper.

On a mis sous le Récipient dans le vuide, des Mouches de viande avec leurs œufs, on a trouvé que ces insectes peuvent éclore & vivre, sinon dans le vuide; du moins dans un air très-raréfié.

Par une autre Expérience semblable, on a conclu que les insectes ne pouvoient éclore ni vivre dans le vuide, quoiqu'on vienne de voir qu'ils le peuvent dans un air très-raréfié, ce qui a été confirmé aussi par de nouvelles Expériences.

On a enfermé pendant quelque-temps dans le vuide, du vinaigre plein de ces petites Anguilles qu'on y apperçoit avec le Microscope, & on a gardé une autre

partie du même vinaigre dans l'air libre ; les Anguilles du vinaigre enfermé dans le vuide sont mortes, tandis que celles qui étoient dans l'air libre, ont paru aussi vives qu'auparavant.

**A R T I C L E VII.**

*Expériences sur le Charbon ardent, dans l'air comprimé.*

On a conclu de ces Expériences, que la quantité de matiere consommée dans un temps donné, répondoit à peu près à la quantité d'air comprimé.

**A R T I C L E VIII.**

*Usage du Feu pour produire de l'air.*

On a brûlé dans le vuide du papier enduit de soufre, il a produit de l'air qui n'a point diminué pendant deux jours entiers, ce qu'on doit attribuer au papier, car on a trouvé que le soufre seul ne produit point d'air.

La corne de Cerf brûlée dans le vui-

de , a produit de l'air , mais une partie de cet air a été absorbée dans un petit espace de temps , & une autre partie a gardé son Elasticité pendant une bonne heure , après que le verre ardent a été ôté , & par la suite elle n'a pas diminué.

L'Ambre ne produit point d'air , même en brûlant.

On a placé du Camphre dans le vuide , sur un fourneau de digestion ; & quoiqu'il se soit sublimé en fleurs , cependant il n'a pas produit d'air.

On a fondu du Soufre minéral dans le vuide par le moyen d'un verre ardent , mais la fumée n'a pas paru produire aucun air.

De la Pâte qui avoit été enfermée dans le vuide depuis neuf jours , & qui paroïssoit avoir rendu tout son air , a été exposée au foyer du verre ardent , les fumées ont donné à la Pâte une belle couleur jaune fort vive , & on a conjecturé que dans cet embrasement il y avoit eu quelque petite quantité d'air de produite.



ARTICLE IX.

*Production de l'Air dans le vuide.*

On a enfermé dans le vuide des Raisins & des Figues séchées, & on a trouvé que les fruits secs produisoient très-peu d'air dans le vuide.

Des Abricots ont paru produire de l'air presque aussi aisément dans le vuide, que dans l'air libre, en comparant le résultat des Cerises dans le vuide, quand elles étoient entières, & quand elles étoient écrasées; on a conclu que les Cerises écrasées produisent plutôt leur air, que quand elles sont entières.

On a mis dans un Récipient vuide d'air, des Choux coupés par morceaux, & par la comparaison des circonstances de cette Expérience, on a conclu, que quand les Corps se pourrissent, ils ont déjà produit presque tout leur air; des Expériences faites sur des Pommes, ont confirmé la même chose.

On a mis égale quantité de Lait, dans

deux Récipients d'égale grandeur , on e  
a laissé un plein d'air commun , & l'autr  
a été vuide ; on a observé 1°. que le Lai  
se caille un peu plus tard , quand il e  
dans le vuide. 2°. Que le Beurre , le pe  
tit Lait & la partie Caseuse , se mêlent  
confusément dans l'air libre , mais que  
dans le vuide ils se séparent , & gardent  
l'ordre de leur pesanteur en nageant l'un  
sur l'autre. 3°. Que le vuide empêche ou  
retarde beaucoup la putréfaction du Lait.  
Enfin , que le Lait par son séjour dans le  
vuide , devient incapable de produire des  
vers , de même que dans l'air commun.

On a fait la même Expérience avec  
de l'Urine , & en comparant la quantité  
d'air produite dans ces deux Expériences,  
il paroît que l'Urine qui est une humeur  
Excrementitielle , contient moins d'air  
que le Lait qui est une humeur Alimen-  
taire ; on a remarqué de plus , que l'air  
avoit plus d'efficacité , pour corrompre  
l'Urine.

Ayant mis dans un vaisseau de verre  
de la Pâte , bien délayée , on l'a placé  
sous

Sous un Récipient vuide d'air, quoique ce vaisseau ne fût pas à moitié plein, cependant la Pâte s'étoit si fort raréfiée dans le même jour, qu'elle avoit passé par-dessus les bords du vaisseau : le jour suivant elle continuoit à s'enfler ; & on y appercevoit quelques crevasses ; le troisième jour elle étoit encore plus gonflée & avoit produit beaucoup d'air, le quatrième jour au matin, le Récipient ne tenoit plus à la machine, par la grande quantité d'air qui avoit été produit, & un peu de la Pâte avoit été répandue, cependant elle s'étoit un peu rabaisée, & dans l'après-midi le gonflement étoit beaucoup diminué ; elle occupoit encore néanmoins le double d'espace qu'au paravant, le goût n'en étoit pas acide, & le pain qu'on en fit, parut plus mollet.

On mit sous un Récipient vuide d'air, une certaine quantité de Bœuf, & on conclut du résultat, que quand la viande se pourrit, elle ne produit pas beaucoup plus d'air, que quand elle est

## 354 LEÇONS DE PHYSIQUE

fraîche, quoiqu'on ait observé le contraire dans les fruits.

Par une Expérience faite sur les Groseilles, on s'est apperçû que ces fruits quand ils ont produit tout leur air, reçoivent très-peu d'altération, comme si cet air étoit la cause de leur corruption.

En traitant de la même manière les Raisins secs, on a trouvé que les fruits secs produisent très-peu d'air.

Une Expérience faite sur les Amandes, a démontré que les fruits, même d'une substance compacte, peuvent produire de l'air sans corruption sensible.

### A R T I C L E X.

*Sur la production de l'air dans un milieu plus comprimé, que ne l'est communément l'Atmosphère.*

Une Expérience faite avec des Groseilles, a paru prouver que ces fruits contiennent beaucoup d'air, qui aussi-tôt qu'il est débarrassé de la pression de l'Atmosphère, se dégage avec beaucoup

plus de liberté, que quand il est retenu par l'air environnant, & cela jusqu'à ce que les Groseilles commencent à fermenter; car alors l'air est produit en bien plus grande quantité, même dans une grande compression.

Une Expérience faite avec de la Pâte, a paru prouver, qu'elle peut aussi bien produire son air dans un milieu comprimé, que dans le vuide.

Les Fèves \* dont on nourrit les chevaux, produisent beaucoup d'air, mais irrégulièrement, tant dans le vuide, que dans un milieu modérément comprimé.

Les Groseilles produisent leur air assez régulièrement, à moins qu'on n'ouvre le Récipient, car alors elles produisent de nouvel air beaucoup plus promptement.

Les grappes de Raisin, ne produisent leur air que dans un très-long espace de temps.

Les Poires le produisent, comme par accès.

\* *Faba minor sive Equina.* C. B.

## ARTICLE XI.

*Diverses Expériences.*

Du Plomb & de l'Etain fondu, produisent pas d'air dans le vuide; on observé à cette occasion, que la surface de ces métaux qui étoient contenus dans un vaisseau de cuivre, restoit concave dans le vuide après la coagulation, quoiqu'elle fût convexe dans l'air libre.

On a mis dans le vuide de l'Eau saoulée de Sel, pour voir s'il se cristalliserait comme dans l'air libre, mais on a trouvé qu'il ne se cristallisoit pas.

On a fait entrer de l'air produit des Groseilles dans un Récipient vuide d'air commun, auquel étoit ajustée une Jauge mercurielle; on a trouvé que dans l'espace d'une demie année, il n'étoit point arrivé de changement dans la hauteur du mercure, d'où l'on voit que l'Elasticité de l'air artificiel, s'est conservée pendant un si long espace de temps.

On a pompé l'air, & on a pesé une

**B**outeille de la capacité de 7 onces trois drachmes & trois grains d'eau ; on a ensuite percé avec une éguille, la vessie qui bouchoit son orifice , moyennant quoi elle s'est remplie d'air ; on a trouvé qu'elle pesoit dans cet état  $4\frac{1}{2}$  grains de plus qu'auparavant , d'où il s'ensuit que l'eau est environ 800 fois plus pesante qu'un pareil volume d'air.

Ayant enfermé de l'Eau-forte & du Nitre fixé dans un Récipient vuide d'air , on a versé l'un sur l'autre , il s'est produit beaucoup d'air.

On a trouvé que l'Esprit de Vin se pouvoit condenser aisément , par un degré de froid modéré , & point du tout par la plus grande compression.

On a purgé d'air de l'Esprit de Vin & de l'huile de Terebenthine , ensuite ayant mis une certaine quantité d'Esprit de Vin dans un verre , on a jetté dessus quelques gouttes d'huile de Terebenthine qui a nagé sur l'Esprit de Vin ; on a un peu agité le verre , & on l'a mis sous un Récipient dont on a pompé l'air ,

## 358 LEÇONS DE PHYSIQUE

quoiqu'il n'y ait point eu d'ébullition, cependant les gouttes ont conservé dans le vuide leur mouvement comme dans l'air libre, d'où il a paru suivre que la cause du mouvement des gouttes ne doit pas s'attribuer à leur dissolution, car toutes les dissolutions donnent des bulles dans le vuide,

On a placé dans le vuide un verre, qui contenoit de l'Esprit volatile de sel Ammoniac, & de la limaille de Cuivre: au bout d'un mois la couleur bleue que le cuivre avoit donnée à l'Esprit volatile, a été entièrement dissipée; mais en laissant rentrer l'air, elle s'est bien-tôt rétablie, \*

On a distribué également en trois verres, un mélange d'Eau-forte & d'Esprit de Vin, dans lequel on a mis égale quantité de petits morceaux de Fer: ayant mis un de ces verres dans le vuide, il s'est fait une grande ébullition; au bout d'un quart d'heure on a retiré le vaisseau, &

\* On a fait récemment la même Expérience sur la liqueur des Thermomètres.



on a trouvé la liqueur noire & trouble , au lieu que dans les deux autres vaisseaux , la couleur n'a point été altérée ; mais on a seulement apperçû au fond , quelque poudre noire.

On a remis de l'Esprit volatil de sel Ammoniac avec de la limaille de Cuivre , dans le vuide , & quand l'Esprit a été bien purgé d'air , on a projeté la limaille , ce qui a fait encore fortir quelques bulles : mais au lieu de produire de l'air , il s'en est absorbé.

## ARTICLE XII.

### *Air artificiel absorbé.*

On a transporté dans un Récipient plein d'air commun , de l'air produit des Cerises , & on a conclu de l'Expérience , que l'air produit des fruits se détruit en partie au commencement ; mais que le reste garde ses propriétés pendant fort longtemps.

On a mis dans un Récipient du Sel Ammoniac , avec une suffisante quantité

d'huile de Vitriol , d'où il est arrivé une grande ébullition ; il est d'abord sorti une grande quantité d'air , mais on a vû par la jauge qu'il s'étoit absorbé bien-tôt après : on a répété cette Expérience , & on a trouvé que la production , & la destruction ont été plus lentes. On a mis ensuite de l'huile de Vitriol toute seule dans un Récipient , dans lequel on a réservé la cinquième partie de son air , pour essayer si l'huile de Vitriol sans sel Ammoniac , altère l'Elasticité de l'air , mais on a vû que cette force Elastique s'est augmentée. On a confirmé par quelques Expériences , que certains airs artificiels peuvent être absorbés , mais on a pensé qu'il falloit rechercher pourquoi cette destruction arrive tantôt plutôt , & tantôt plus tard.

### A R T I C L E   X I I I .

*Expériences sur la vitesse avec laquelle l'air se produit dans le vuide , & dans l'air commun.*

Par les Expériences faites avec la pâte , les Noisettes , les Raisins secs , &

les Oignons , on a conclu que quelques Corps , peuvent plus aisément produire leur air dans le vuide , que dans l'air commun.

ARTICLE XIV.

*Différents effets des Fruits entiers , & des Fruits pilés.*

Des Poires pilées n'ont pas produit leur air aussi vite que des Poires entières , on a trouvé qu'il en arrivoit de même aux Pommés & au Verjus pilé ; mais les Raisins mûrs ont eu un effet contraire.

Par une autre Expérience sur les Pommés , on a conclu que les fruits pilés produisoient moins d'air dans le vuide , que les fruits entiers , au contraire de ce qui arrive dans l'air commun , on a crû que c'étoit , parce que les fruits écrasés se raréfient beaucoup plus dans le vuide que les fruits entiers , ce qui fait que leurs différents principes n'agissent pas tant les uns sur les autres : au lieu que dans les fruits entiers , cette raréfaction

## 362 LEÇONS DE PHYSIQUE

est bien moindre à cause de la peau qui les retient.

### ARTICLE XV.

#### *Diverses Expériences.*

On s'est assuré que l'air est différemment affecté en différents temps, de sorte qu'il a quelquefois le pouvoir d'empêcher la corruption, & quelquefois celui de l'exciter : qu'il produit quelquefois fort promptement la moisissure, & qu'il l'empêche quelquefois.

### ARTICLE XVI.

#### *Diverses Expériences.*

On a conclu que certains Corps, même dans des vaisseaux scellés Hermétiquement, perdent une partie de leur poids quand ils sont exposés au foyer d'un verre ardent.

ARTICLE XVII.

*De la conservation de certains Corps dans des liqueurs comprimées.*

On a compris dans cet article quelques Expériences , dont voici les résultats.

Le goût de quelques Fruits peut se conserver dans une infusion de Raisins secs , au moins quand ils sont dans des vaisseaux capables de souffrir une grande compression.

Les Liqueurs peuvent s'aigrir , sans que les esprits s'en évaporent.

Les fruits ne sçauroient longtêmps se conserver dans la pulpe des Pommes , à cause de la grande quantité d'air qu'ils produisent.

Le Verjus n'est pas bon pour conserver les fruits par la même raison.

Au contraire , les Liqueurs fermentées qui ne produisent plus d'air , sont très-propres à conserver les fruits.

La Biere peut conserver la viande ;

### 364 LEÇONS DE PHYSIQUE

principalement, si on l'introduit à force dans un Récipient, mais cette compression cesse bien-tôt, parce que l'air comprimé dans le Récipient, entre & pénètre les pores de la Bierre par degrés.

L'Eau peut conserver la viande, aussi bien que la Bierre.

Les Poissons produisent moins d'air, que la viande.

On peut conserver longtemps le Beurre, pourvû qu'on l'empêche de communiquer avec l'air, il se corrompt quelquefois sans qu'il se produise d'air.

On peut aussi conserver longtemps la chair tendre des Oiseaux, par le moyen de la Bierre ou de l'Ale.

Le Sucre ne conserve pas si bien les fruits, que les Liqueurs fermentées.

On peut se servir quelquefois du Lait avec beaucoup de succès, pour conserver la viande.

Le Beurre fondu ou chaud, ne conserve pas la viande avec tant de succès.

La Viande bouillie peut se garder

Longtemps , ce qui est d'une grande commodité en Mer ; car quand la viande crüe a été longtemps gardée dans des vaisseaux fermés avec une vis , comme l'Expérience fait voir qu'on le peut faire sans craindre qu'elle se gâte , si on l'en retire & qu'on la fasse bouillir , qu'on l'enferme ensuite dans le même Récipient , il n'y a point de doute qu'elle ne se garde longtemps sans sel : le mystere de conserver la viande sans sel , consiste à bien ôter tout l'air , & à faire qu'il y ait une grande compression dans le Récipient. \*

La raison pourquoi l'Esprit de Vin conserve la viande & les autres choses qu'on y met , est que cet Esprit s'imbibe de l'air qui est entre les pores de la viande ; car on a trouvé , que l'Esprit de Vin

\* M. de Reaumur de l'Académie Royale des Sciences , a donné dans son Histoire des Insectes , la maniere de conserver très-longtemps des œufs de toute sorte , & particulièrement ceux de poule , de maniere qu'on peut les manger aussi frais au bout de six mois , que le jour même qu'ils ont été pondus ; pour cet effet , il faut les enduire d'un vernis de *Lacque* à l'Esprit de Vin , ou bien de graisse de Mouton. *Mém. pour servir à l'Histoire des Insectes* , Tom. 2. *Mém.* 1. pag. 37. & *Mém. de l'Acad. des Sciences* 1735. pag. 465.

## 366 LEÇONS DE PHYSIQUE

absorboit une bulle d'air de la largeur d'un pouce en deux heures de temps, ce qui est beaucoup plus que ne sçauroit faire l'eau, même purgée d'air, & qui a bouilli pendant longtemps.

### ARTICLE XVIII.

*Expériences sur quelques Extractions, & distillations dans le vuide.*

### ARTICLE XIX.

*Expériences sur quelques Extractions faites dans une machine fermée, avec une vis.*

Il résulte de ces Expériences, que la Cornes de Cerf, les Arrêtes des Poissons, & les Os des Quadrupedes, peuvent être amollis, & devenir de bons Aliments. \*

\* On voit en général, par les Expériences qu'on vient de rapporter, qu'il y a des Corps qui produisent, ou révivifient de l'air Elastique, lorsqu'ils viennent à s'altérer, tandis que d'autres en fixent ou en consomment. J'ai crû qu'il ne seroit pas inutile de joindre ici un extrait des Expériences plus détaillées de M. Hales, qu'on peut voir tout au long dans son Livre de la *Statique des Vegetaux*, traduit par M. de Buffon.



## EXPÉRIMENTALE. 367

Pour connoître la quantité d'air produite par la fermentation de certains Corps , comme des Pommes , des Poires , des Raisins &c. pilés , on a mis ces matieres dans le Matras *b* ( Fig. 61. ) On a couvert ce Matras d'un verre renversé *xyz* , & on a plongé le bas du Matras dans une cuvette pleine d'eau *xx* : enfin par le moyen d'un Syphon , ou du Tubule inséré en *a* , on a fait élever l'eau en *z* , & après avoir retiré le Syphon , ou bouché le Tubule avec de la cire , on a marqué sur le verre l'endroit où se terminoit la surface de l'eau. L'air produit ou révivifié des matieres contenues dans le Matras , faisoit baisser l'eau de *z* en *y* , & on a déterminé sa quantité , en mesurant l'espace *zy*.

Quelquefois l'air étoit si concentré dans les matieres , qu'il falloit employer le feu le plus violent pour l'en dégager : alors on les distilloit par la cornue , comme la Figure 62 le représente : l'abaissement de l'eau de *z* en *y* , faisoit connoître comme auparavant , la quantité d'air produite ou révivifiée par ces distillations.

Mais quand il s'agissoit de mesurer la quantité d'air fixée ou consommée par les vapeurs sulphureuses du charbon , d'une chandelle , ou par la respiration des animaux , on mettoit ces matieres sur un petit guéridon ( Figure 63 ) sous le verre renversé , dont l'orifice étoit plongé dans une Cuvette pleine d'eau ; l'élévation de l'eau de *aa* en *zz* , faisoit connoître la quantité d'air fixé , où dont le ressort avoit été détruit par les vapeurs sulphureuses.

Voici maintenant le résultat des principales Expériences.

Un ponce cubique de sang de Cochon distillé jusqu'à une entière siccité , produisoit 33 pouces cubiques d'air.

Un peu moins d'un ponce cubique de Suif , en a produit 18.

Deux cent quarante & un grains , ou la moitié d'un ponce cubique de pointes de Cornes de *Daim* distillées au feu le plus violent , ont fourni 117 pouces cubiques d'air , c'est-à-dire 234 fois leur volume.

## 368 LEÇONS DE PHYSIQUE

Deux cent soixante & six grains, ou  $\frac{1}{2}$  ponce cubique d'Ecaillés d'huitre en produisoient 162 pouces.

Un demi ponce cubique, ou 135 grains de cœur de Chêne, a produit 128 pouces cubiques d'air.

D'un ponce cubique, ou de 398 grains de Pois, il est sorti 396 pouces cubiques d'air.

Une once, ou 437 grains de semences de Moutarde, produisoit 270 pouces cubiques d'air.

Un demi ponce cubique, ou 135 grains d'Ambre, en a donné 135 pouces cubiques.

Cent quarante-deux grains de Tabac sec, en ont donné 153 pouces.

D'un ponce cubique d'huile d'Anis, il est sorti 22 pouces cubiques d'air, & 88 d'une égale quantité d'huile d'Olive.

Un ponce cubique de Miel, donnoit 144 pouces cubiques d'air.

Deux cent quarante-trois grains de Cire jaune, c'est-à-dire un ponce cubique, ont produit 54 pouces cubiques d'air, ou 15 grains.

Un demi ponce, ou 158 grains de Charbon minéral d'Angleterre, a rendu 180 pouces cubiques d'air, qui pèsent 51 grains, c'est-à-dire environ le tiers du poids Total.

Un ponce cubique de Terre vierge ou franche, en donnoit 43 pouces.

Un quart de ponce d'Antimoine, fournissoit 7 pouces, c'est-à-dire 28 fois son volume.

Un demi ponce de Sel marin, mêlé avec autant de Chaux d'os calcinés, a fourni 64 pouces d'air.

D'un demi ponce cubique, ou de 211 grains de Nitre mêlé avec de la Chaux d'os calcinés, il est sorti 90 pouces cubiques, c'est-à-dire 180 fois le volume. Ainsi le poids de l'air dans une quantité quelconque de Nitre, est la  $\frac{1}{8}$  partie.

Un ponce cubique, ou 443 grains de Tartre du vin du Rhin, a produit rapidement & avec impetuosité 504 pouces cubiques d'air, c'est-à-dire le  $\frac{1}{3}$  du poids Total,

encore

Encore étoit-on assuré que tout n'étoit pas sorti.

Une pierre de la Vessie qui pesoit 236 grains, & d'environ  $\frac{3}{4}$  de ponce cubique, a rendu avec vivacité par une forte distillation 516 ponces cubiques d'air, c'est-à-dire 645 fois son volume : d'où l'on voit qu'il y a eu plus de la moitié de cette pierre qui s'est convertie en air Elastique. On a trouvé à peu près la même chose dans les calculs de la vesicule du Fiel.

Un demi ponce cubique de sel Ammoniac, avec un ponce cubique d'huile de Vitriol, ont produit le premier jour 5 ou 6 ponces cubiques d'air ; mais ils en ont absorbé 15 les jours suivants.

Ayant versé sur six ponces cubiques de poudre d'Ecailles d'huîtres, autant de Vinaigre distillé, il est sorti en 5 ou 6 minutes 17 ponces cubiques d'air ; & quelques heures après 12 autres ; mais en 9 jours il s'en est détruit 21, & enfin les 8 autres s'évanouirent quand on eut jeté de l'eau tiède sur le mélange.

Quarante-deux ponces cubiques d'Ale. ou de petite Biere, ont produit en 7 jours 639 ponces cubiques d'air.

Vingt-six ponces cubiques de Pommes écrasées, produisirent en 13 jours 968 ponces cubiques.

Deux ponces cubiques d'Eau Regale versée sur un Anneau d'or rendu fort mince à coups de marteau, ont donné 4 ponces d'air.

La même quantité d'Eau Regale versée sur  $\frac{1}{4}$  de ponce d'Antimoine, en a fait sortir 38 ponces cubiques d'air, en 3 ou 4 heures, ensuite en une heure ou deux il s'en consumma 14.

Un ponce cubique d'Eau-forte versée sur un  $\frac{1}{4}$  de ponce d'Antimoine, a produit en plusieurs fois 130 ponces d'air.

Un ponce cubique d'Eau-forte versée sur  $\frac{1}{4}$  de ponce de limaille de Fer, produisit 43 ponces d'air, dont il y en eut trois d'absorbés, mais qui se reproduisirent par la suite.

Un quart de ponce de limaille de Fer ; & un ponce cubique de Soufre en poudre, réduits en Pâte avec un peu d'eau, absorberent 19 ponces cubiques d'air.

## 370 LEÇONS DE PHYSIQUE

Un ponce cubique d'Eau-forte versée sur autant de Marcaassite en poudre, fermenta violemment, & absorba à la fin 85 ponces cubiques d'air.

Un ponce cubique d'Eau-forte versée sur autant de Charbon de Terre, absorba 18 ponces cubiques d'air dont il s'en reproduisit 12 les jours suivants.

Deux ponces cubiques de Chaux vive, & 4 ponces cubiques de Vinaigre, absorberent 22 ponces d'air, & avec de l'eau pure, la même quantité de Chaux n'absorba que 10 ponces.

Deux ponces cubiques de Chaux & autant de sel Ammoniac, absorberent 115 ponces cubiques d'air; par conséquent les fumées en devoient être bien suffocantes.


Un morceau de Papier brun trempé dans une forte solution de Nitre, & ensuite enflammé sur le Guctidon, (Fig. 63.) par le moyen d'un verre ardent, produisit 80 ponces d'air, mais dont l'Elasticité diminua de jour en jour.

De la Charpie trempée dans du Souffre fondu, & enflammée sur le même pié-d'Estal, absorba 198 ponces d'air dans un grand vaisseau, & 150 dans un plus petit.

Une Chandelle allumée d'environ  $\frac{3}{5}$  de ponce de diamètre, en absorba 78 ponces cubiques.

Un Rat absorba 73 ponces cubiques d'air en 14 heures, dans un Récipient capable de 2024 ponces cubiques.

De 73 ponces d'air respiré continuellement, jusqu'à suffocation pressante, un Homme en consumma 20.

 Il est aisé d'appercevoir par ces dernières Expériences, que l'Elasticité de l'air est quelquefois détruite, fixée, ou du moins suspendue par les vapeurs sulphureuses : mais on ne voit pas si évidemment que l'air nouvellement revivifié, ait acquis une vertu Elastique qu'il n'avoit pas auparavant l'altération du Corps solide : cependant si on fait attention à la force prodigieuse qui seroit nécessaire pour retenir l'air condensé dans les pores des Corps solides, on verra qu'il est bien difficile que cet air conserve de l'Elasticité dans ces po-

res ; c'est ce qui paroîtra encore mieux par le calcul suivant.

D'un ponce cubique de Tartre, il est sorti par la distillation 504 ponce cubiques d'air ; cet air occupoit donc dans le Tartre un volume 504 fois moindre, que celui qu'il occupe, quand il est tel que nous le respirons : il est donc 504 fois plus dense.

Or parce qu'on a prouvé dans la 9<sup>e</sup> Leçon, sçavoir que la force qui comprime l'air est proportionnelle à sa densité, celle qui comprime l'air dans le Tartre doit être 504 fois plus grande, que celle qui comprime l'air que nous respirons, c'est-à-dire, que la pesanteur d'une colonne de l'Atmosphère de même base. La surface d'un ponce cubique, est de 6 ponce quarrés : la pesanteur de l'Atmosphère sur une base d'un ponce quarré, est égale au poids de 30 ponce Cubiques de mercure = 107400 grains, en mettant 3580 grains pour la pesanteur d'un ponce cubique de mercure. Multipliant donc ce premier nombre par 6, on aura 644400 grains pour la pression de l'Atmosphère sur 6 ponce quarrés ; & multipliant encore ce dernier nombre par 504, on aura 324777600 grains = 46396 liv. + 5600 grains, pour la force nécessaire pour condenser l'air dans le Tartre. Mais comme l'Elasticité de l'air, fait qu'il résiste autant qu'on le comprime, la force avec laquelle il tend à se dilater, sera aussi égale à 46396 livres + 5600 grains, force plus que suffisante pour briser le Tartre, & le réduire en poudre même avec explosion.

J'ai supposé dans ce calcul, que l'air n'est condensé dans le Tartre, que 504 fois plus que celui que nous respirons : cette supposition seroit vraie, si toute la substance du Tartre se convertissoit en air, & s'il ne restoit après la distillation aucune partie solide ; mais comme ces parties solides occupent nécessairement de l'espace, il s'ensuit que l'air n'occupe pas dans le Tartre toute l'étendue d'un ponce Cubique, d'où l'on voit qu'il y est encore plus condensé, que je ne l'ai supposé.

Quand on considère avec attention l'effort prodigieux, que fait cet air enfermé dans les pores des Corps solides, lorsque par le moyen du Feu ou autrement, il

## 372 LEÇONS DE PHYSIQUE

vient à recouvrer sa vertu Elastique, n'apperoit-on pas une cause naturelle de l'impétuosité de ces effrayans Méteores, des funestes éruptions des Volcans, aussi bien que des foudroyans effets de la poudre à Canon?

Cette même considération, n'explique-t-elle pas quantité de Phénomènes surprenans qu'on observe à tout moment dans la Chymie? *La poudre à Canon liquide* du Docteur *Slare*, ces violentes Fermentations des Esprits acides mêlés avec des Huiles essentielles, ces Effervescences si animées des Acides minéraux, quand ils rentrent dans leurs bases, enfin le tumulte & l'impétuosité des dissolutions Métalliques?

Ne fournit-elle pas encore aux Chymistes des instructions pour la conduite de leurs opérations, pour la conservation de leurs vaisseaux? en même-temps qu'elle les avertit de se précautionner contre les accidens, dont ce Fluide foudroyant les menace à chaque instant?

# APPENDIX.

## §. I.

*Explication des variations du Baromètre ,  
dans les changements de temps , par  
M. Haller. (a)*

**A**VANT que d'expliquer les variations de la hauteur, du Mercure dans les changements de temps, il est à propos de rapporter les Observations qu'on a faites sur le Baromètre.

I. La première est, que dans un temps calme, le Mercure baisse ordinairement quand il ya pleuvoir.

II. Quand le Temps est beau, serain, & fixe, le Mercure est communément élevé.

III. Dans les grands vents, même sans qu'il y ait de pluie, le Mercure descend tout au plus bas, en égard cependant au point de la Boussole d'où le vent souffle.

(a) Extrait de l'Abregé des Transactions Philosophiques par Lèyûthop, Vol. II. pag. 20.

IV. Que toutes choses d'ailleurs égales, les plus grandes élévations du Mercure sont quand le vent souffle d'*Est* ou *Nord-Est*.

V. Que dans le temps calme, & par une forte gelée, le Mercure est constamment élevé.

VI. Qu'après de grands coups de vent, quand le Mercure a baissé, il remonte fort vite.

VII. Les Baromètres ont des variations bien plus étendues dans les pays Septentrionaux, que dans les Méridionaux.

VIII. Nous sçavons par les Relations des voyageurs, & par mes propres Observations à l'Isle *sainte Hélène*, qu'entre les Tropiques & aux environs, les Baromètres n'ont aucune, ou presque point de variation dans tous les temps de l'année.

De ces Observations, j'infère que la principale cause des variations du Baromètre, vient des Vents qui soufflent dans les Zônes tempérées, & qu'on sçait être fort inconstants ici en Angleterre.



On doit ajouter à cette cause les différentes exhalaisons, & précipitations des vapeurs renfermées dans l'air, qui font qu'il est plus pressé dans un temps que dans un autre, & par conséquent, qu'il est quelquefois plus pesant : cette dernière cause dépend beaucoup de la première. C'est sur ces deux principes que je vais tâcher d'expliquer les différents Phénomènes du Baromètre, dans le même ordre que je les viens de rapporter.

III. Quand le Mercure baisse, il va pleuvoir, parce qu'alors l'air devient plus léger & que les vapeurs ne pouvant plus se soutenir, ou devenant spécifiquement plus pesantes que le Fluide dans lequel elles nagent, elles descendent à la surface de la Terre, & comme elles rencontrent en chemin d'autres particules aqueuses, elles s'y unissent, & forment ensemble des petites gouttes de pluie ; mais le Mercure est plus bas dans un temps que dans un autre, par l'effet de deux vents contraires, qui soufflant de l'endroit où est le Baromètre, chassent &

écartent des deux côtés l'air qui est en cet endroit; de-là il résulte que le Cylindre d'air qui pèse sur le Baromètre, est d'une moindre hauteur, ce qui fait descendre le Mercure; par exemple, s'il souffloit un vent d'Ouest dans la Mer d'Allemagne, & un vent d'Est dans la Mer d'Irlande: qu'il souffloit en France un vent de Nord, & un vent de Sud dans la Mer d'Ecosse, il est évident que la partie de l'Atmosphère, qui est au-dessus de l'Angleterre, seroit en quelque façon épuisée, ainsi le Mercure devoit descendre dans le Baromètre, & les vapeurs qui flotteroient auparavant dans l'air, comme étant d'égale pesanteur que ce Fluide, devroient tomber sur la Terre.

2°. Le Mercure du Baromètre est dans la plus grande hauteur, quand deux vents contraires soufflent vers le lieu de l'Observation: car l'air des environs, que ces vents peuvent s'accumuler de façon, que le Cylindre d'air qui pèse sur le lieu de l'Observation, devenant plus haut, augmente aussi en pesanteur, d'où le Mer,

**C**ure doit monter & se tenir élevé, tant que ces vents continuent de souffler: mais l'air devenant ainsi spécifiquement plus pesant, les vapeurs se soutiennent mieux, nagent plus facilement, & n'ont aucune disposition à tomber ni à s'unir en gouttes, c'est ainsi que dans les temps sereins les hauteurs du Baromètre sont plus grandes.

3°. Le Mercure descend tout au plus bas, par le mouvement de l'air dans les Ouragans, parce que la partie de l'Atmosphère dans laquelle ces vents soufflent avec tant de furie, ne s'étend pas autour du Globe, & l'air qui est derrière celui qui est chassé si vite, comme aussi celui qui est sur les côtés, ne peut arriver assez promptement pour remplir l'espace qui a été abandonné par celui qui est emporté si rapidement, de sorte que l'air doit être bien plus épuisé dans l'endroit où souffle le vent, & tant qu'il continue à souffler, & cela plus ou moins suivant sa violence.

Il faut encore ajouter, que le mouve-

ment horizontal de l'air, étant aussi rapide qu'il l'est, doit empêcher un peu la pression perpendiculaire de la colonne qui est au-dessus. La grande agitation de toutes les parties d'air, est probablement ce qui fait dissiper les vapeurs, & les empêche de se condenser en gouttes capables de former de la pluie, au contraire de ce qui arrive naturellement par la simple raréfaction de l'air.

4°. Le Mercure est dans sa plus grande élévation par les vents d'*Est* & *Nord-Est*, parce que dans le grand Océan Atlantique depuis le 35° de latitude Nord, les vents d'*Oüest* & de *Sud - Oüest* soufflent presque continuellement, de façon que quand le vent s'élève de l'*Est* ou du *Nord-Est*, il est presque toujours arrêté par un vent contraire aussi-tôt qu'il arrive à l'Océan : donc suivant ce qui a été prouvé dans notre seconde remarque, l'air doit s'amasser sur nos Isles, & par conséquent le Mercure doit s'élever plus haut qu'à l'ordinaire, & se tenir suspendu tant que ces vents continuent à souff

**Mer.** Ce qui est toujours vrai pour ce païs-ci, mais ce qui n'est pas une regle générale pour tous les autres païs, dont les vents sont différents par d'autres circonstances: j'ai vû cependant quelquefois le Mercure seulement à 29 pouces, par un vent d'*Est*, mais il faut dire qu'il étoit très-violent, ce qui s'accorde avec ce que nous avons dit dans la troisième remarque.

5°. Dans les Temps calmes, & quand il gèle, le Mercure est ordinairement plus élevé, je crois que c'est parce que quand il gèle, le vent est ordinairement *Nord* ou *Nord-Est* q. à l'*Est*, ou au moins parce que ces vents ne viennent pas d'une grande distance, car les parties Septentrionales de l'Allemagne, du Danemarck, de la Suède & de la Norwege, & tous les païs qui se rencontrent du *Nord* au *Nord-Est*, sont exposées à la gelée pendant tout l'hyver; l'air qui y est très-condensé, nous est apporté dans cet état par les vents qui soufflent de ce côté-là, & cet air s'amaissant par la ren-

contre des vents d'*Ouest* qui soufflent dans l'Océan, le Mercure doit nécessairement monter ; joint à ce que la condensation des parties inférieures de l'Atmosphère causée par le froid , doit faire descendre les parties supérieures pour remplir l'espace que laisse cette condensation , & conserver l'équilibre.

6°. Après les grands coups de vent, quand le Mercure a descendu , il remonte ordinairement fort vite ; j'ai une fois observé qu'il étoit remonté d'un pouce en moins de 6 heures , après un grand Ouragan *Sud-Ouest* : l'air ayant été extrêmement raréfié par les évacuations qu'ont faites ces coups de vent redoublés, celui qui est dans le voisinage se précipite fort vite pour rétablir l'équilibre : c'est ainsi que nous voyons l'eau tomber d'autant plus rapidement, qu'elle a plus de pente.

7°. Les variations sont plus grandes dans les pays Septentrionaux , comme par exemple , à *Stockholm* , qu'à Paris , comme l'a observé M. *Pascal* , parce

Que les païs Septentrionaux ayant de plus grands vents que les Méridionaux, le Mercure doit y descendre plus bas : & comme le vent du *Nord* amene de l'air condensé des environs du Pôle, quand le vent de *Sud* le rencontre & qu'il s'en fait un amas, il faut bien que le Mercure monte, ce qui ne sçauroit arriver dans les païs Méridionaux.

8°. Enfin cette Observation, que le Baromètre n'a presque point de variations entre les Tropiques, comme aux *Barbades*, à *sainte Helene*, doit sur-tout confirmer notre hypothese : car dans les lieux que je viens de nommer, il y a toujours un vent modéré qui souffle à peu près du même point, sçavoir de l'*Est Nord-Est* aux *Barbades*, & *E. S. E.* à *sainte Helene* ; de sorte, qu'aucun courant d'air n'épuisant l'Atmosphère, le Baromètre doit rester à peu près dans le même état.

Cependant par un grand Ouragan, on a observé que le Mercure descendoit considérablement : mais ce n'a été qu'une

fois en 2 ou 3 ans, encore remonta-t-il bien-tôt à sa hauteur ordinaire de 29½ pouces.

La principale Objection qu'on peut faire contre notre hypothese, est que je suppose que l'air va quelquefois d'où il a déjà été évacué au-delà de l'équilibre, & que quelquefois il retourne du côté où il est plus condensé que dans son état ordinaire contre les loix de la Statique & de l'équilibre des Liqueurs; mais ceux qui considereront comment quand on a mis une fois un Corps liquide en mouvement, il peut monter au-dessus de son niveau, & retenir d'autres parties qui tendent à descendre par la force de leur gravité, cette Objection sera bien-tôt évanouie.

On concluera plutôt, que la grande analogie qui se trouve entre l'élévation & l'abaissement des eaux de la Mer dans le flux & reflux, & cette évacuation & amas de l'air, est un grand argument pour confirmer notre hypothese: car comme la Mer dans les Côtes de la Province



*d'Essex* s'éleve & s'enfle par la rencontre de deux flux, dont l'un vient du S. O. le long de la Manche, & l'autre vient du *Nord*, & au contraire, comme elle s'abaisse au-dessous de son niveau par l'écoulement des eaux qui se fait des deux côtés dans le reflux, de même il peut arriver que l'air monte & descende au-dessus de son niveau par différentes causes qui le mettront en mouvement; au reste, les temps de ce flux & reflux de l'air sont purement accidentels, & ne peuvent être réduits à aucune regle certaine, comme les mouvements de la Mer qui suivent entièrement le cours de la Lune.



## §. II.

*Construction d'une Echelle qui exprime les différents degrés de chaleur, par M. Newton. (a)*

Degrés de chaleur constants.

Degrés de chaleur égaux.		DEGRE' de froid de l'Eau
0.	0	commune en Hyver, quand elle commence à ge- ler. On détermine exacte- ment ce degré, en mettant un Thermomètre dans de la neige bien pressée, & qui commence à se fondre.
0, 1, 2		Degrés de froid ordinaï- res en Hyver.
2, 3, 4		Chaleurs ordinaires de l'air dans le Printemps & dans l'Automne.
4, 5, 6		Chaleurs ordinaires de l'Eté.
6		Chaleur de l'air à midi, au mois de Juillet.

(a) Extrait des Transactions Philosophiques, n°. 270.  
La

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

12

1

La plus grande chaleur que puisse acquérir un Thermomètre en touchant le Corps humain. Le degré de chaleur d'un Oiseau qui couve, est le même. \*

14  $\frac{3}{11}$

1  $\frac{1}{4}$

La plus grande chaleur de l'Eau chaude, dans laquelle on peut promener la main pendant quelque temps. La chaleur du Sang récemment tiré des veines, est à peu près la même.

17

1  $\frac{1}{2}$

La plus grande chaleur de l'Eau chaude, dans laquelle on peut conserver la main en repos pendant quelque temps.

20  $\frac{3}{11}$

1  $\frac{3}{4}$

Chaleur de l'Eau chaude, à l'instant que de la Cire fondue commence à perdre sa fluidité & sa transparence.

\* Celui des Eaux de *Balaruc*, est aussi le même.

**Bb**

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

24

2

Chaleur de l'Eau chaude capable de tenir la Cire en fusion, sans la faire bouillir.

28  $\frac{6}{11}$ 2  $\frac{1}{4}$ 

Degré de chaleur moyen entre celui de la Cire fondue, & celui de l'Eau bouillante.

34

2  $\frac{1}{2}$ 

Chaleur de l'Eau bouillante à gros bouillons. A ce degré un mélange fondu de 2 parties de Plomb, 3 d'Etain & 5 de Bismuth, perd sa fluidité, & se durcit. L'Eau commence à bouillir à 33 degrés, & quand elle bout bien fort, elle en a environ 34  $\frac{1}{2}$ . Quelques gouttes d'Eau chaude venant à tomber sur un Fer chaud, cessent de bouillonner quand le Fer a 35 ou 36 degrés, & l'Eau froide, quand le Fer en a 37.

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

40  $\frac{4}{11}$

2  $\frac{3}{4}$

La moindre chaleur capable d'entretenir en fusion un Alliage d'une partie de Plomb, 4 d'Etain & 5 de Bismuth.

48

3

Chaleur capable de faire fondre un Alliage fait d'é-gales parties de Bismuth & d'Etain ; cet Alliage se durcit à 47 degrés.

57

3  $\frac{1}{4}$

Chaleur capable de faire fondre un Alliage de 2 parties d'Etain & une de Bismuth ; un autre Alliage de 3 parties d'Etain & 2 de Plomb, fond aussi à ce degré de chaleur, mais 5 parties d'Etain & 2 de Bismuth en fusion s'y durcissent, aussi-bien qu'un autre Alliage d'é-gales parties d'Etain & de Bismuth.

68

3  $\frac{1}{2}$

La moindre chaleur ca

Bb ij

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

		pable de faire fondre un A liage d'une partie de Bi muth & de 8 d'Etain. L'E tain seul fond à 72 degrés & se fige à 70.
81	$3\frac{1}{3}$	Chaleur capable de fon dre le Bismuth seul, ou bien un Alliage de 4 parties de Plomb & une d'Etain, mais 5 parties de Plomb & une d'Etain fondues ensemble, s'y durcissent.
96	4	La moindre chaleur du Plomb fondu ; il est bien li- quide à 97, & se fige à 95.
114	$4\frac{1}{4}$	Chaleur d'un Corps en- brassé dès qu'il cesse d'être vi- sible dans un lieu obscur, ou quand il recommence à pa- roître, & à rendre une lumie- re presque insensible. A pa- reil degré un Alliage fondu d'égales parties d'Etain, &

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

de Régule de Mars, aussi-bien qu'un autre Alliage de 7 parties de Bismuth, & 4 du même Régule se figent & se durcissent.

n 36

$4\frac{1}{2}$

Degré auquel les Corps embrasés paroissent dans l'obscurité, mais non pas au moindre petit jour. A cette chaleur un Alliage fondu de deux parties de Régule de Mars, & une de Bismuth, comme aussi celui de 5 parties du même Régule, & une d'Etain se durcissent. Le Régule fondu se fige à 146.

n 61

$4\frac{3}{4}$

Chaleur des Corps embrasés qui paroissent au Crépuscule immédiatement avant le lever, ou après le coucher du Soleil, & qui ne paroissent point, ou du moins très-confusément au grand jour.

Bb iij

Degrés de  
chaleur  
égaux.

*Degrés de chaleur constants.*

195

5

Chaleur d'un Charbon  
dent dans un petit feu fa  
avec du Charbon de Terre  
& qui n'a pas été soufflé. Un  
fer échauffé dans ce brasier  
acquiere la même chaleur  
que le Charbon ; mais la  
chaleur d'un semblable petit  
feu fait avec du Bois, est un  
peu plus grande, car elle a  
200 ou 210 degrés. Enfin  
la chaleur d'un grand feu est  
encore plus grande, parti-  
culièrement s'il est excité  
par un soufflet.

Dans la première Colonne, nous  
avons les degrés de chaleur dans une  
progression Arithmétique, en commen-  
çant par celui de l'Eau prête à se gé-  
ler en Hyver ; nous considérons ce point  
comme le moindre degré de chaleur,  
ou plutôt comme les limites commu-  
nes du chaud & du froid ; & nous sup-



**posons la chaleur extérieure du Corps humain , divisée en douze parties égales.**

**Dans la seconde Colonne , nous avons les degrés de chaleur en progression Géométrique : le premier degré (12) en la chaleur extérieure du Corps humain , autant que nous l'avons pû déterminer : le second degré (24) est double du premier : le troisième (48) est double du second , & ainsi de suite (a).**

**Il paroît par cette Table , que la chaleur de l'Eau bouillante (34) est presque 3 fois aussi grande que celle du Corps humain ; celle de l'Etain fondu (72) six**

(a) Voiei comme j'entens le sens de l'Auteur.

Nous avons dans la seconde Colonne ( une Echelle d'indices ou d'exposants ) des degrés de chaleur en progression Géométrique : les nombres de la seconde Colonne  $1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}, 2, \&c.$  étant en progression Arithmétique , sont une Echelle de Logarithmes , ou mesures des rapports des chaleurs indiquées par les nombres correspondants  $12, 14\frac{3}{4}, 17, 20\frac{2}{4}, 24$  , comme ils sont en progression Géométrique , on les aura bientôt trouvés en prenant le  $\frac{1}{4}$  , le  $\frac{1}{2}$  , les  $\frac{3}{4}$  , du Logarithme de 2 , ou de la raison de 1 à 2 , & multipliant les nombres correspondants dans la Table par 12 : & en doublant les 4 derniers termes de la progression Géométrique , vous aurez les 4 suivants , & en doublant ceux-ci vous aurez les 4 suivants , & ainsi de suite.

Bb iiij

fois aussi grande ; celle du Plomb fondu (96) 8 fois aussi grande , celle du Régule de Mars en fusion (146) environ 12 fois aussi grande ; enfin la chaleur d'un feu ordinaire 200, ou 210, 16 ou 17 fois aussi grande.

On a construit la Table par le moyen d'un Thermomètre & d'un fer chaud ; j'ai trouvé par le moyen du Thermomètre tous les degrés de chaleur jusqu'à celui de l'Etain fondu , & j'ai déterminé les autres par le moyen d'un fer chaud. Car la chaleur que le fer communique dans un temps donné , aux Corps froids qui le touchent (laquelle est la même que celle qu'il perd dans le même temps) est proportionnelle à toute la chaleur du fer ; par conséquent , si les temps de son refroidissement sont divisés en parties égales , les degrés de chaleur , tant ceux qu'il perdra , que ceux qu'il conservera décroîtront en progression Geométrique , & par conséquent se peuvent aisément déterminer par la Table des Logarithmes.

Premièrement donc , j'ai trouvé qu'un Thermomètre fait avec de l'Huile de lin , étant placé dans la neige fondante , si l'Huile occupe alors 10000 parties d'espace , quand elle aura acquise un degré de chaleur pareil à celui du Corps humain , elle en occupera 10256 , & la chaleur de l'Eau qui commence à bouillir , l'étendra dans un espace de 10705 de semblables parties , & 10726 dans l'Eau bouillante à gros bouillons.

Enfin par la chaleur de l'Etain fondu , lorsqu'en refroidissant il prend la consistance d'Amalgame , l'Huile occupera 11516 , & quand l'Etain sera devenu tout-à-fait solide , l'Huile n'occupera plus que 11496 parties.

L'Huile a donc été raréfiée dans la raison de 40 à 39 par la chaleur du Corps humain ; de 15 à 14 par la chaleur de l'Eau bouillante , de 15 à 13 par la chaleur de l'Etain fondu qui commence à se figer & à se durcir , & enfin dans la raison de 23 à 20 par la chaleur de l'Etain devenu tout-à-fait solide.

La raréfaction de l'Air par une égale chaleur, est dix fois plus grande que celle de l'Huile, & la raréfaction de l'Huile environ 15 fois plus grande, que celle de l'Esprit de Vin (a).

Par ces Expériences, en prenant les chaleurs de l'Huile proportionnelles à leurs dilatations, & écrivant 12 parties pour la chaleur extérieure du Corps humain, la chaleur de l'Eau qui commencera à bouillir, sera de 33 des mêmes parties, & celle de l'Eau bouillante à gros

(a) Il y a dans l'Original : *La raréfaction de l'Air à égale chaleur, s'est trouvée 10 fois plus grande que celle de l'Huile, & celle de l'Huile presque 15 fois plus grande que celle de l'Esprit de Vin.* Je crois qu'il y a ici une faute, car Monsieur Halley a trouvé par une Expérience rapportée dans les Transactions Philosop. n°. 197. que quand l'Esprit de Vin commence à bouillir (après quoi il n'a plus d'expansion régulière) il est dilaté de la douzième partie de la masse, c'est-à-dire du volume qu'il occupe ordinairement en hyver; & j'ai trouvé par ma propre Expérience, que par la chaleur de l'Esprit de Vin qui commence à bouillir, l'Huile de lin a augmentée dans mon Thermomètre de  $\frac{13}{1000}$  du volume qu'elle occupe, quand le Thermomètre est dans la neige fondante, ou pour faire une comparaison plus juste de  $\frac{11}{1000}$  du volume qu'elle occupe communément en hyver, donc les dilatations de l'Esprit de Vin & de l'Huile par des chaleurs égales, sont comme  $\frac{1}{12}$  à  $\frac{11}{1000} :: 5$  à 3, à peu près.

Bouillons de 34, celle de l'Etain qui commence à fondre, ou qui commence à se raréfier en consistance d'Amalgamme de 72, & de 70 quand il est tout-à-fait durci.

Ayant ainsi trouvé ces degrés de chaleur pour déterminer les autres, j'ai fait chauffer un morceau de fer d'une épaisseur raisonnable, jusqu'à le faire rougir, & l'ôtant du feu avec des pinces aussi rougies, je l'ai mis dans un endroit frais où le vent souffloit constamment, & jettant dessus des petits morceaux de métal, & autres Corps fusibles, j'observois l'instant où ils commençoient en se refroidissant à perdre leur fluidité & à se durcir, & enfin quand la chaleur du fer devenoit égale à celle du Corps humain.

Ensuite j'ai déterminé ces chaleurs sur ce principe, que les excès des chaleurs du fer chaud & des Corps figés, au-dessus de celle de l'Atmosphère trouvée par mon Thermomètre, sont en progression Géométrique; quand les temps sont pris en progression Arithmétique.

Je n'ai pas placé mon Fer rouge dans un air tranquille, mais je l'ai exposé à un air continuellement agité, afin que l'air échauffé par le Fer fut emporté par le vent, & qu'il en succedât toujours d'autre d'une même température. Par ce moyen d'égales parties de l'Atmosphère, étoient échauffées en temps égaux, dans des degrés proportionnels à ceux du Fer.

Maintenant les degrés de chaleur que j'ai ainsi déterminés, ont été parfaitement proportionnels à ceux que j'ai observés sur mon Thermomètre, ce qui démontre la vérité de ce principe que j'ai posé, que les degrés de chaleur de l'Huile sont proportionnels à leur raréfaction : *ainsi s'explique M. Newton.*

De-là nous pouvons tirer la maniere de construire un Thermomètre, qui ayant été une fois réglé sur quelques-uns des degrés de l'Echelle de M. Newton, marquera aussi tous les autres dans la même proportion.

Pour y réussir, comme il arrive rarement que les Tubes dont on se sert,

soient parfaitement Cylindriques. On le divisera en parties d'égaies capacité, & non d'égaies longueur par la méthode suivante.

Premierement, pesez le Tuyau vuide, & ayant empli de vif-argent la boule, & environ la 9 ou 10<sup>e</sup> partie du Tuyau, repesez le tout, & déduisez de la somme, le poids du Tuyau vuide, pour avoir le poids du Mercure dont vous déterminerez la  $\frac{1}{100}$  partie; marquez avec un fil la surface du vif-argent dans le Tube, & versez l'une après l'autre, plusieurs centièmes parties, en marquant à chaque fois sur le Tuyau l'endroit où se termine leur surface, comparez ensuite les intervalles avec un compas, s'ils sont égaux subdivisez-les chacun en dix parties, s'ils sont inégaux divisez-les en dix parties inégales à proportion. Ainsi la capacité du Tuyau se trouvera assez bien divisée en millièmes parties de la capacité de la Boule & du Tuyau, jusqu'à la première marque.

Attachez ensuite le Thermomètre sur

une planche, sur laquelle on fera une graduation correspondante à celle qu'on aura marquée sur le Tuyau : on écrira mille vis-à-vis la première marque, & on placera les autres divisions comme on voit dans la Figure 41.

De l'autre côté du Tube vis-à-vis les nomb. 1000, 1012.8, 1025.6, 1038.4, 1051.2, 1064, 1076.8, &c. qui sont en progression Arithmétique, écrivez les nombres, 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, qui sont aussi en progression Arithmétique, divisez chacun de ces intervalles en six parties égales si ces intervalles sont égaux, ou proportionnelles s'ils sont inégaux : le long de cette graduation, c'est-à-dire de la division qui répond aux nombres de la première colonne de l'Echelle de M. Newton, écrivez les noms des différents Corps, dont les degrés de chaleur sont exprimés par ces nombres.

L'Echelle étant ainsi construite pour le Tube proposé, il ne reste plus qu'à y mettre de l'Huile de lin, & à en déterminer la quantité, afin que quand le



**T**hermomètre aura acquis la chaleur de quelques-uns des Corps sur l'Echelle, la surface de l'Huile reste exactement vis-à-vis la marque qui exprime ce degré de chaleur, c'est-à-dire à 0 si la boule est mise dans de la neige qui commence à fondre, ou à 34 dans l'Eau qui commence à bouillir, & de même des autres.

Les ouvriers emplissent ordinairement leur Thermomètre avec un entonnoir de verre, dont le Tuyau est tiré capillaire, & qu'ils ont ainsi rendu capable d'entrer dans le Tuyau, & d'aller jusqu'à la boule; s'il leur arrive de verser trop de liqueur, ils en retirent par le moyen de cet entonnoir, jusqu'à ce qu'il en demeure la juste quantité.

Un Thermomètre à l'Huile de lin bien gradué & ajusté, comme nous venons de le dire, peut servir à en construire une infinité d'autres, soit avec de l'Huile, soit avec quelqu'autre Fluide dilatable, sans être obligé de graduer les Tubes avec d'égales quantités de Mercure; car ayant rempli la boule & une partie du

Tuyau, de la liqueur qu'on a choisie, on n'a qu'à mettre ce nouveau Thermomètre avec un autre bien gradué dans un pœlon plein d'Eau froide, & la faire échauffer le plus doucement qu'il est possible, quand l'Huile du Thermomètre *Etalon* arrivera successivement à chaque division de l'Echelle, on fera une marque sur le nouveau Thermomètre au même instant, & on aura par ce moyen sur chaque Tube une Echelle parfaitement correspondante; on la vérifiera, quand l'Eau fera baisser la liqueur en se refroidissant.

Il est aisé de comprendre comment on peut continuer l'Echelle des millièmes parties au-dessous de mille, dans le Thermomètre *Etalon* construit par le moyen du Mercure; & partant comment on peut continuer aussi l'Echelle du nouveau Thermomètre, en les mettant tous deux dans quelque mélange de sel & de glace, (pourvu que la liqueur du Thermomètre ne soit pas susceptible de se geler.)

Pour qu'un Thermomètre soit bien sensible à toutes les petites variations du  
froid

froid & du chaud qui arrivent dans l'Atmosphère, il doit y avoir une grande boule à proportion de la capacité du Tuyau; & pour que le chaud & le froid puisse se distribuer également dans toute l'étendue de la liqueur, la boule ne doit pas être sphérique, mais un peu oblongue & aplatie, comme les bouteilles ellipsées de France. Les Thermomètres destinés à différents usages, doivent avoir des Tubes de différentes longueur & grosseur, afin d'avoir un nombre de degrés convenable aux usages auxquels on les destine.

On pourroit faire un semblable Thermomètre avec de l'Esprit de Vin, au lieu d'Huile de lin, pour prendre les grands intervalles de la nouvelle Echelle, & les diviser en parties plus petites, correspondantes à d'égales capacités du Tube, comme je l'ai dit ci-dessus.\*

\* L'invention des Thermomètres étant une des plus importantes & des plus curieuses qu'on ait en Physique, j'ai cru qu'il seroit avantageux de donner la construction de ceux qui sont aujourd'hui le plus en usage; les voici suivant l'ordre de leur ancienneté.

### *Construction du Thermomètre à Mercure de FAREINHEIT.*

Il faut remplir de Mercure bien pur & bien purgé d'air, un Tuyau de verre capillaire, auquel on aura joint une bouteille cylindrique d'une capacité proportionnée au diamètre du Tuyau : cela s'exécutera aisément, en liant au haut du Tuyau un entonnoir de papier dans lequel on versera le Mercure, après qu'on aura fait sortir l'air de la bouteille par la chaleur d'un brasier ardent, dans laquelle on la mettra plusieurs fois successivement, on aura par ce moyen bien-tôt achevé d'emplir tout l'instrument, sur-tout si on laisse bouillir le Mercure dans la bouteille, avant que de la retirer du brasier pour la dernière fois.

Tout étant bien refroidi, il faut ôter l'entonnoir, & entourer la bouteille de neige ou de glace broyée, & la bien presser. Le Mercure se condensant, descendra dans le Tuyau jusqu'à ce qu'ayant pris tout le froid que la glace est capable de lui communiquer, il demeurera fixe & immobile. Voyez alors si la surface est élevée au-dessus de la bouteille d'environ le quart de la longueur du Tuyau : sinon, ajoutez ou ôtez-en ce qu'il faudra de Mercure, pour qu'elle soit à cette hauteur. Marquez le Tuyau vis-à-vis l'endroit où s'arrête le Mercure à ce terme de la Congellation : plongez ensuite le Thermomètre dans l'Eau bouillante, quand le Mercure y aura acquis le plus grand degré de chaleur qu'il puisse recevoir, la surface s'arrêtera encore fixe & immobile. Marquez aussi sur le Tuyau, ce terme de l'Eau bouillante : écrivez ensuite sur la Planche 212 vis-à-vis ce dernier terme, & 32 vis-à-vis celui de la Congellation, divisant ensuite l'espace compris en 180 parties si le Tuyau est bien cylindrique, & portant 32 de ces parties au-dessous du point de la Congellation, le Thermomètre sera gradué, on écrira 0 au plus bas de ces degrés, qui est le plus grand froid qu'on ait observé en Islande.

*Description abrégée du Thermomètre de  
M. de REAUMUR. (a)*

La principale propriété de ce Thermomètre, est de servir à comparer les différents degrés de chaleur à des mesures connues, comme la *dilatation* & la *condensation* d'une liqueur quelconque, telle que l'Esprit de Vin.

On connoît ces différents degrés de la dilatation ou de la condensation de la liqueur, en comparant l'accroissement ou la diminution de son volume, pris dans un degré de chaleur connu & déterminé.

En supposant, par exemple, que le volume de l'Esprit de Vin dans ce degré de chaleur déterminé, soit de 1000 mesures ou parties, & que le volume soit devenu 1010 des mêmes parties par un plus grand degré de chaleur, cet accroissement de  $\frac{10}{1000}$  parties dans le volume de la liqueur, exprimera la dilatation par ce plus grand degré de chaleur. De même, si la liqueur est exposée à un froid capable de la réduire à ne plus occuper que 985 parties, des 1000 qu'elle occupoit auparavant; cette diminution de  $\frac{15}{1000}$  parties de son premier volume, fera voir la quantité dont elle aura été condensée par ce degré de froid.

Ainsi donc pour connoître les degrés de dilatation ou de condensation de l'Esprit de Vin, il ne s'agit que de mesurer l'accroissement, ou la diminution de son volume, c'est-à-dire de comparer l'espace qu'il occupe actuellement, à celui qu'il occupoit dans un certain état dont on est convenu.

Cet état de la liqueur auquel M. de Reaumur propose de comparer tous les autres, est celui où elle est, quand elle est environnée d'Eau qui commence à se glacer, ou plutôt de neige, ou de glace pilée qui commence à se fondre; il a préféré ce terme de la Congellation à tout autre, tant parce que c'est un point fixe &

(a) *Extrait des Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences, Année 1730. pag. 452.*

facile à saisir par toute la Terre, que parce qu'il semble être le terme naturel du chaud & du froid.

Il le fixe environ au tiers du Tuyau, au-dessus de la boule, & ayant supposé la capacité de la boule & de la partie du Tuyau qui est au-dessous du fil, divisée en 1000 parties, il cherche à déterminer la milliême partie de cet espace; pour cet effet, il emploie de petites mesures de verre très-exactes, avec lesquelles il en construit d'autres 10 fois, & 100 fois plus grandes, & s'étant fait un assortiment de mesures de toutes sortes de grandeur, il est en état de diviser bien-tôt en 1000 parties, la capacité d'une boule de Thermomètre quelconque.

Ayant donc versé 1000 mesures d'Eau dans une bouteille proposée pour faire un Thermomètre, & examiné si sa superficie se trouve à peu près au tiers du Tuyau, il attache fortement un fil vis-à-vis cette surface, & fait sortir 25 mesures d'Eau, des 1000 qui sont dans la bouteille. Ensuite attachant le Thermomètre sur la planche, il verse en leur place 25 mesures de vif-argent une à une, observant de faire un trait sur la planche, vis-à-vis l'endroit où se termine la surface de l'Eau, après qu'il a versé chaque mesure de vif-argent; il continue à verser ainsi plusieurs mesures jusqu'au haut du Tuyau, ce qui lui fait une Echelle, dont chaque partie est la milliême de tout l'espace compris dans la bouteille, & portion du Tuyau qui est au-dessous du fil; cette manière de mesurer est fort exacte, & prévient les erreurs qui pourroient naître de l'inégalité des Tuyaux, qui ne sont jamais bien cylindriques.

Cette graduation étant achevée, il fait sortir l'Eau & le Vif-argent qu'il a mis dans la bouteille, & l'emplit d'Esprit de Vin coloré; il en verse jusqu'à ce qu'il y en ait quelques pouces au-dessus du fil; alors il entoure la bouteille de neige ou de glace pilée, ou bien la plonge dans de l'Eau qu'il fait geler artificiellement. La liqueur se condense & descend, jusqu'à ce qu'elle s'arrête enfin sans monter ni descendre, tant qu'elle reste environnée de glace: si le point où s'arrête la liqueur est au-dessus ou au-dessous du fil, il en ôte ou en ajoute, jusqu'à ce qu'elle soit précisément vis-à-vis.

Quand le point de la Congellation est ainsi déterminé, il ne reste plus qu'à sceller hermétiquement le Tuyau, après en avoir chassé un peu d'air, & à l'attacher sur la planche : il écrit d'un côté 0 vis-à-vis le terme de la Congellation, & au-dessus les nombres 1, 2, 3, 4, 5, & qui doivent exprimer les degrés de chaleur : il est écrit de même au-dessous de 0 en allant vers la boule, les mêmes nombres 1, 2, 3, 4, 5, qui doivent marquer les degrés de froid. De l'autre côté vis-à-vis 0 il écrit le nombre 1000, & au-dessus les nombres 1001, 1002, 1003, &c. qui sont les degrés de dilatation, comme aussi au-dessous les mêmes nombres 1001, 1002, 1003, &c. qui expriment ceux de condensation.

Ainsi quand la liqueur du Thermomètre sera élevée vis-à-vis le nombre 10 au-dessus du terme de la Congellation, le nombre 1010, qui sera vis-à-vis, exprimera que par la chaleur actuelle, le volume de l'Esprit de Vin, est augmenté de  $\frac{10}{1000}$ , ou de  $\frac{1}{100}$  partie de celui qu'il avoit au terme de la Congellation, ce qui est un langage intelligible, & qui présente un objet réel & saisissable.

On voit évidemment, que tous les Thermomètres remplis du même Esprit de Vin & construits sur ces principes, doivent avoir une marche uniforme, & marquer le même degré, quand ils sont dans la même exposition ; car la raréfaction de l'Esprit de Vin étant l'effet de la chaleur, les degrés de raréfaction doivent être les mêmes, quand ceux de chaleur sont pareillement les mêmes, comme on les suppose, ainsi deux Observateurs sont en état de comparer la chaleur de Pondichery, à celle de Paris, quand ils ont chacun un Thermomètre construit sur ces principes.

Il est absolument nécessaire de se servir du même Esprit de Vin, pour avoir des Thermomètres dont les degrés soient comparables ; comme il s'en trouve qui ont différents degrés de Dilatabilité, M. de Reaumur a choisi celui dont le volume étant de 1000 parties au terme de la Congellation, devient 1080, ou augmente de  $\frac{80}{1000}$  dans l'Eau bouillante.

Celui qu'on trouve communément chez les Droguistes, est à peu près de ce caractère.

### *Construction du Thermomètre de M. DELISLE.*

Les degrés de ce Thermomètre sont les parties d'une Echelle qui exprime la quantité, dont un volume quelconque de Mercure considéré dans l'Eau bouillante, est continuellement condensé dans l'air que nous respirons.

Prenez, comme dans le Thermomètre de FAREINHIT, un Tuyau de verre auquel soit soudée une bouteille convenable, examinez si le diamètre de ce Tuyau est partout égal, ce que vous connoîtrez facilement, en y faisant entrer un petit cylindre de Mercure d'environ deux pouces, & le faisant couler tout le long du Tuyau : car si le diamètre de ce Tuyau est inégal, le cylindre s'allongera ou s'accourcira suivant que le Tuyau deviendra plus étroit ou plus large ; si on y trouve des inégalités, on les exprimera sur un papier à part, afin d'en tenir compte dans la graduation.

Ayant donc un Tuyau tel qu'il convient, il faut le peser & l'emplir ensuite tout-à-fait de Mercure très-pur & très-sec, on l'exposera à l'air le plus froid qu'il sera possible, afin qu'il entre davantage de Mercure : en pesant le Thermomètre ainsi rempli, & faisant déduction du poids du Tuyau, on connoîtra aisément celui du Mercure qui remplit sa capacité.

Pendant cette opération on aura fait bouillir de l'Eau dans un vase convenable, & on y plongera presque tout le Thermomètre si on peut. On ramassera avec soin le Mercure, que la chaleur de l'Eau bouillante aura fait sortir du Tuyau, & quand la superficie de la colonne restera constamment à l'orifice de ce Tuyau, on l'ôtera de l'Eau bouillante, & on l'exposera au même air, froid comme auparavant : on pesera avec la balance la plus exacte, cette petite quantité de Mercure qui est sortie du Tuyau lorsqu'il étoit plongé dans l'Eau bouillante.



Cependant le Mercure qui est dans le Tuyau, & qu'on a laissé exposé à l'air froid s'est déjà condensé, & sa surface s'est arrêtée quelque part sans baisser ni hausser davantage, il faut marquer sur le Tuyau l'endroit vis-à-vis duquel cette surface s'arrête fixe & immobile, ensuite de quoi la graduation sera bien-tôt faite, car la quantité de Mercure qu'on avoit d'abord introduite, est à ce qui s'en est écoulé dans l'Eau bouillante, comme la capacité de la Bouteille & du Tuyau prises ensemble, est à la partie de ce Tuyau qui est demeurée unie après l'abaissement du Mercure.

Les deux premiers termes de cette proportion, sont connus par des mesures actuelles, & supposant la capacité de la bouteille divisée en 1000, 10000, ou 100000 parties, on aura bien-tôt le quatrième terme par la règle de trois. Ce quatrième terme exprimera donc en parties du volume du Mercure, la quantité dont ce volume s'est condensé par le froid de l'air auquel il a été exposé. Ainsi si ce degré de froid auquel on a exposé le Thermomètre au sortir de l'Eau bouillante, est le même que celui de la Congellation, & que le quatrième terme de la proportion soit 150 (si on a supposé la capacité de la bouteille & du Tuyau divisée en 10000 parties,) on connoîtra qu'un volume de Mercure de 10000 parties dans un état constant & saisissable, tel que celui de l'Eau bouillante s'est condensé de  $\frac{150}{10000}$  par un froid tel que celui de la Congellation.

On achevera l'Echelle en divisant la longueur du Tuyau depuis son orifice jusqu'à la marque, en autant de parties qu'en de la proportion; on mettra les autres nombres dans la bouteille.

Ces parties se lit bien cylindrique, & par conséquent,

J'ai trouvé par l'expérience que la même de la Congellation à trouvé plus

haut ou plus bas, je crois avec M. *Martini*, qu'on pourroit le fixer à 150, alors la construction du Thermomètre seroit bien plus commode, & pourvu qu'on eut

de l'Eau bouillante & de la glace, on auroit bien l'Echelle.

Car ayant mis le Thermomètre tout rempli dans l'Eau bouillante, & fait en sorte que la superficie de la colonne soit bien à l'orifice du Tuyau, si après l'avoir retiré on l'entoure de neige ou de glace pilée, l'endroit où s'arrêtera la surface du Mercure quand il sera parfaitement refroidi, sera le terme de 150.

M. *Fahrenheit* s'est apperçu que la chaleur de l'Eau bouillante varioit suivant la pesanteur de l'air, qu'elle étoit plus grande quand le Baromètre étoit plus élevé, & moindre quand il étoit plus bas; j'ai eu occasion de confirmer cette Expérience par l'Observation suivante.

Le 6. Octobre 1739. sur la pointe la plus élevée de *Canigon*, le Baromètre étant à 20 pouces 2 lignes  $\frac{1}{11}$ , la chaleur de l'Eau bouillante n'a pu élever le Mercure qu'à 15°. dans le Thermomètre de M. *Delisle*, tandis qu'elle le faisoit monter à 0 à *Perpignan*, où le Baromètre étoit à 28 pouces 2 lignes.

Le même Thermomètre étant entouré de neige, qu'on trouve en abondance dans les fondrières du *Canigon*, la liqueur est descendue à 148, comme la glace l'a fait descendre à *Paris*.

D'où il est évident que la pesanteur de l'air influe sensiblement sur la chaleur de l'Eau bouillante, mais qu'elle n'altère en aucune manière le terme de la Congélation.

# COMPARAISON

Des principaux THERMOMETRES qui sont  
aujourd'hui en usage.

	Thermo- mètre de l'Observa- toire.	Therm. de la Société Royale.	Thermom. de Faren- heit.	Thermom. de M. de Reaumur.	Thermo- mètre de M. Delisle.
Chaleur de l'eau bouil- lante. }	.....	.....	.. 212 ..	.. 80 ..	.. 0 ..
Chaleur du Corps humain. }	.. 90 ..	.....	.. 96 ..	.. 33 ..	.. 96 $\frac{2}{3}$ ..
Tempe- rature de la Congel- ation. }	.. 30 ..	.. 77 ..	.. 32 ..	.. 0 ..	.. 150 ..

## §. III.

*Recit de plusieurs Expériences faites devant la Société Royale, avec quelques recherches sur la cause de l'élévation, & de la suspension des liqueurs dans les Tuyaux capillaires.*

**I**L y a quelques jours qu'un homme d'esprit de mes amis, me proposa une méthode de faire le mouvement perpétuel, qui me parut si plausible & si aisée à démontrer par une Observation de M. Hanksbée, que quoique je sois fort éloigné d'avoir la moindre confiance dans ces sortes de recherches, cependant j'avouë que je n'ai jamais pû réussir à trouver en quoi manquoit la prétendue découverte, dont l'Expérience m'a démontré la fausseté. Mais comme la recherche des choses impossibles a souvent donné lieu à de nouvelles découvertes, auxquelles les Inventeurs ne se seroient pas attendus, de même cette idée m'a mis à portée non-seulement de corriger

quelques petites erreurs de M. *Hauksbée*, mais encore de découvrir la véritable cause de l'élévation & de la suspension des liqueurs dans les Tuyaux capillaires.

I. Voici la proposition de mon ami ; *abc* ( Fig. 42 ) est un Siphon capillaire, dont les deux branches ont des diamètres & des longueurs inégales ; l'orifice *a* de la plus longue & de la plus étroite *ab* étant plongé dans l'eau, elle s'y élèvera au-dessus du niveau, jusqu'à ce qu'elle emplisse tout le Tube *ab* où elle demeurera suspendue : si on plonge de la même manière, la branche la plus courte & la plus large *bc*, l'eau montera seulement à une certaine hauteur *fc*, moindre que la hauteur entière du Tube. Ce Syphon étant plein d'eau, & l'orifice *a* étant plongé dans l'eau *de* ; voici comme raisonnoit mon ami.

Puisque les deux colonnes d'Eau *ab*, *fc*, sont par supposition suspendues par quelque puissance qui agit en dedans des Tubes, ces puissances ne pourront pas déterminer l'eau à se mouvoir ni d'un

côté ni d'un autre ; mais la colonne  $bf$  que rien ne soutient doit descendre, & faire sortir l'eau par  $c$  ; or la pression de l'Atmosphère agissant sur l'eau de bas en haut, l'élèvera par l'orifice  $a$  pour remplir le vuide, qui arriveroit sans cela dans la partie supérieure du Tube  $bc$ , ce qui doit faire le mouvement perpetuel, puis l'eau tombe dans le même vaisseau dont elle puisée. Mais l'Expérience, comme j'ai dit, fait voir la fausseté de ce raisonnement : car

EXP. 1. L'eau au lieu de sortir par l'orifice  $c$ , s'élève vers  $f$ , & sortant presque toute de la branche  $bc$ , elle demeure suspendue à la hauteur  $ab$ .

EXP. 2. La même chose arrive en ôtant le Syphon de dedans l'eau, dans laquelle est plongé l'orifice inférieur  $a$ , car l'eau tombant en forme de gouttes par cet orifice  $a$ , s'arrête enfin à la hauteur  $ab$  ; mais dans ces Expériences, il faut que la différence des deux branches, excède  $fc$ , autrement l'eau ne retomberoit ni d'un côté ni d'autre.

**EXPER. 3.** En renversant le Syphon quand il est plein d'eau, elle y reste sans se mouvoir d'un côté ni d'un autre.

Tous ces Phœnomenes s'expliqueront aisément, quand nous aurons découvert par quels principes l'eau se tient suspendue dans les Tuyaux capillaires.

**II.** Voici à présent l'Observation de *M. Hauksbée*. Soit  $abcf$ , (Fig. 43,) un Syphon capillaire dans lequel l'eau s'élève à la hauteur  $cf$ ; soit  $ab$  l'abaissement de l'orifice de la plus longue branche, au-dessous de la surface de l'eau  $de$ ; le Syphon étant plein d'eau, si  $ab$  est moindre que  $cf$ , l'eau ne sortira pas par l'orifice  $a$ , mais demeurera suspendue.

Cela paroît fort plausible au premier abord, car puisque la colonne d'eau  $fc$  doit être suspendue par quelque puissance qui agit en dedans du Tube, pourquoi ne le seroit pas la colonne  $ba$  qui est égale, ou même moindre que la première colonne.

**Exp. 4.** Dans l'Expérience, si l'orifice  $c$  est élevé au-dessus de l'eau  $de$ , l'eau

reste suspenduë dans le Tube , à moins que  $ba$  n'excede  $fc$ .

Exp. 5. Mais quand  $c$  est tant soit peu plongé dans l'eau , aussi-tôt l'eau sort en gouttes par l'orifice  $a$  , quoique la longueur  $ab$  soit considérablement moindre que la hauteur  $fc$ .

M. *Hauksbée* dans son Recueil d'Expériences, a avancé une autre Observation ; sçavoir , que la plus courte branche d'un Syphon capillaire, tel que  $abcf$  doit être plongée dans l'eau, à une profondeur égale à la hauteur à laquelle l'eau resteroit suspenduë , avant qu'elle puisse sortir par la plus longue branche.

Exp. 6. Je ne sçauois imaginer d'où vient l'erreur , car l'eau sort par la plus longue branche , aussi-tôt que l'orifice de la plus courte vient à toucher la surface de l'eau, même sans être plongé dedans.

III. Je viens à présent à la cause de l'élévation & de la suspension de l'eau dans les Tuyaux capillaires.

Les Expériences de M. *Hauksbée* , prouvent suffisamment que ce Phœnomène



ne ne dépend pas de la pression de l'Atmosphère, & que la cause qu'il en a assignée, sçavoir, l'attraction de la surface concave du Tuyau est pareillement insuffisante; c'est ce que je démontre.

Puisque dans chaque Tuyau capillaire, la hauteur à laquelle l'eau s'élève est réciproquement comme le diamètre du Tube, il suit que la surface qui tient l'eau suspendue est toujours une quantité donnée; mais la colonne d'eau suspendue est comme le diamètre du Tube, donc si l'attraction de la surface environnante est la cause de la suspension de l'eau, il s'ensuit que d'égales causes produisent des effets inégaux, ce qui est absurde.

On peut objecter, que dans deux Tubes de diamètres inégaux les circonstances peuvent être différentes, & par conséquent les causes, quoi qu'égales, peuvent produire des effets différents, car le moindre Tube a non-seulement une plus grande courbure, mais encore les parties d'eau qui sont au milieu, sont plus

proche de la surface attirante , que dans le Tuyau le plus large.

Mais tout ce qui pourra s'ensuivre de cette Objection , ce sera seulement , que le Tube le plus étroit doit soutenir une plus grande quantité d'eau ; ce qui est contraire à l'Expérience , car les colonnes suspendues sont comme les diamètres des Tubes.

Mais , comme en pareil cas , les Expériences satisfont toujours beaucoup plus que les raisonnemens de Mathématique , la suivante me paroît tout-à-fait décisive.

Le Tube  $dc$  (Fig. 44) est composé de deux parties , dans la plus grande desquelles l'eau s'élève à la hauteur  $bf$  ; mais dans la partie la plus étroite si elle étoit suffisamment longue , elle s'élèveroit à la hauteur  $cd$ .

Exp. 7. Ce Tube étant rempli d'eau ; & le bout le plus large  $c$  étant plongé dans l'eau  $ab$  , toute l'eau reste suspendue.

EXPER. 8. L'extrémité la plus étroite étant plongée comme dans la Fig. 45 ,  
l'eau

l'eau descend aussi-tôt, & reste à la hauteur  $dg = bf$ .

D'où il est manifeste, que la suspension de l'eau dans la premiere de ces Expériences, ne vient pas de l'attraction de la surface environnante, puisque si cela étoit, cette surface étant la même quand le Tube est renversé, l'eau devroit demeurer à la même hauteur.

IV. Ayant fait voir l'insuffisance de cette hypothese, je passe à la véritable cause de ce Phenomene, sçavoir l'Attraction de la *peripherie*, ou plutôt de la portion annulaire du Tube à laquelle la surface de l'eau est contiguë & adhérente, car c'est seulement de cette partie du Tube, que l'eau doit s'éloigner en s'abaissant, & par conséquent la seule qui par la force de son Attraction, s'oppose à sa descente.

Cette cause est proportionnelle à l'effet, puisque cette circonférence & la colonne suspendue, sont toutes deux proportionnelles au diamètre du Tube.

Quoique ces circonstances soient suffi-

fisantes pour fournir une démonstration complète, cependant pour plus grande évidence, je produirai les Expériences suivantes. Soit donc  $edc$  (Figure 46) un Tube pareil à celui dont nous nous sommes servi dans la 7<sup>e</sup> & 8<sup>e</sup> Expérience, excepté que la partie la plus étroite est ici la plus longue; soient  $af$  &  $bg$ , les hauteurs auxquelles l'eau se tiendrait suspendue dans les deux Tubes  $ed$ ,  $dc$ .

EXP. 9. Si on plonge dans l'eau  $ab$  le plus large orifice  $e$  de ce Tube, & qu'on l'emplisse jusqu'à quelque hauteur moindre que la longueur de la partie la plus large, l'eau restera précisément au niveau du point  $g$ .

Mais si la surface de l'eau entre tant soit peu dans le Tube le plus étroit  $ed$ , toute la colonne  $dc$  sera suspendue, pourvu que la longueur de cette colonne n'excede pas  $af$ .

Il est évident par cette Expérience, que rien ne peut soutenir l'eau à une si grande hauteur, que le contact de la circonférence du petit Tuyau à laquelle la

surface supérieure de l'eau est contiguë , car par la supposition le Tube  $dc$  n'est pas capable de soutenir l'eau à une hauteur plus grande que  $bg$ .

EXP. 10. Quand le même Tuyau est renversé comme dans la Figure 47 , & que l'eau est élevée dans l'extrémité inférieure du Tuyau plus large  $cd$  , elle descend aussi-tôt , si la longueur de la colonne suspenduë est plus grande que  $gb$  , au lieu que dans le Tube  $de$  , elle seroit suspenduë à la hauteur  $af$  ; d'où il paroît évidemment que la suspension de la colonne  $dh$  , ne dépend point de l'attraction du Tube  $de$  , mais de la superficie annulaire du Tube plus large , à laquelle l'eau est contiguë.

V. En faveur de ceux qui aiment à voir les mêmes choses tournées de plusieurs manieres , je vais joindre les Expériences suivantes , qui sont les mêmes au fond , que ces deux dernieres.

Dans la Fig. 48 ,  $abc$  est un Syphon , dont la plus courte & plus étroite branche est telle , que si elle étoit suffisam-

ment longue, elle soutiendrait une colonne d'eau de la hauteur  $ef$ , au lieu que la plus large & la plus longue  $bc$  n'en suspendrait qu'une de la hauteur  $gh$ .

EXP. 11. Ce Syphon étant plein d'eau & mis dans la même position qu'on le voit dans la Figure, l'eau ne sort pas à l'orifice  $c$  de la plus longue branche, à moins que  $dc$  différence de ces branches,  $ab$  &  $bc$  n'excède la longueur  $ef$ .

EXP. 12. Si la branche la plus étroite  $bc$  est plus longue que  $ab$  (Figure 49) l'eau sortira en  $c$ , pourvu que  $dc$  différence des branches, excède  $ef$ , autrement elle resteroit suspendue.

Il est évident dans ces deux Expériences, que les colonnes  $dc$  sont soutenues par l'attraction des *peripheries* en  $a$ , puisque leurs longueurs sont égales à  $ef$ , ou à la longueur des colonnes, que ces *peripheries* sont capables de soutenir par supposition, au lieu que les Tubes  $bc$  soutiendraient des colonnes, dont les longueurs seroient égales à  $gh$ .

VI. Quoique ces Expériences paroissent

lent décisives, il ne sera cependant pas mal-à-propos de prévenir les Objections qui se présentent, & qu'on pourroit d'abord croire suffisantes pour renverser notre Theorie.

Puisqu'une *peripherie* du Tube  $ed$ , dira-t'on (Figure 46); ne peut soutenir qu'une colonne de la longueur  $af$  continuë dans le même Tube, comment pourra-t'elle soutenir une colonne beaucoup plus large dans le Tube  $dc$ , puisqu'elle est d'autant plus grande que l'autre, que la section du grand Tube excède celle du petit? De plus, si la *peripherie* du grand Tube  $dc$  Fig. 47. est capable de soutenir une colonne d'eau dans le même Tube de la longueur  $bg$ , pourquoi ne supporteroit-elle pas une colonne plus longue dans le Tuyau plus étroit  $ed$ ?

On peut faire la même question pour les Expériences 11 & 12. La réponse est aisée, car les forces de ces deux colonnes, sont précisément les mêmes, que si les Tubes  $ed, cd$  qui les soutiennent étoient continuës au-delà de la sur-

face de l'eau  $ab$ , puisque les vitesses de l'eau, là où ces colonnes deviennent ou plus larges ou plus étroites, sont aux vitesses des *peripheries* attirantes, réciproquement comme les différentes sections des colonnes.

EXP. 13. On tire delà ce paradoxe singulier, sçavoir, qu'étant donné un vaisseau  $abc$  (Fig. 50) de Figure quelconque, & qui contienne une quantité d'eau aussi quelconque, toute cette quantité d'eau peut rester suspenduë au-dessus du niveau, si le haut de ce vaisseau est un Tuyau capillaire d'une finesse suffisante. Mais l'Expérience réussira-t'elle, quand la hauteur du vaisseau sera plus grande que celle, à laquelle la pression de l'Atmosphère peut élever l'eau, & comment sera-t'elle dérangée par le vuide? c'est ce que j'examinerai dans un autre Mémoire.

La cause qui soutient l'eau dans les Tuyaux capillaires étant découverte, il n'est pas difficile d'expliquer pourquoi elle paroît y monter d'elle-même. Car puisque l'eau qui entre dans les Tuyaux ca-



pillaires , perd de sa gravité par l'attraction de la *peripherie* qui touche sa surface , elle doit donc s'élever plus haut , partie par la pression de l'eau du vase , partie par l'attraction de la *peripherie* qui est immédiatement au-dessus.

### §. IV.

*Nouvelles Expériences sur l'action des Tuyaux de verre sur l'Eau & le Vif-argent par Monsieur Jurin. (a)*

**D**ANS un Mémoire que je présentai il y a quelque temps à la Société Royale , j'avançai que la suspension de l'eau dans les Tuyaux capillaires , venoit de ce qu'elle étoit attirée par la partie annulaire de la surface intérieure du Tube , qui est contiguë à celle de l'eau. Entre plusieurs Expériences dont je me servis alors pour appuyer cette opinion , je rapportai celle d'un Entonnoir de verre de plusieurs pouces de diamètre , & dont la queue étoit tirée en Tuyau capillaire très-

(a) Extrait des Transactions Philosophiques , n°. 363.

délié : je disois que cet Entonnoir étant rempli d'eau, & renversé dans une Cuvette, toute la quantité qu'il en pouvoit contenir, restoit suspendue au-dessus du niveau de celle de la Cuvette par l'attraction du petit anneau de verre, auquel la surface supérieure de l'eau de l'Entonnoir étoit immédiatement contiguë : aussi-tôt que ce Mémoire a été imprimé, on a vû paroître un Livre composé par un illustre & Sçavant Membre de cette Société, dans lequel cette Expérience est rapportée de la maniere suivante.

„ Si on a un Entonnoir plein d'eau,  
 „ comme  $ABC$ , ( Figure 51 ) dont le  
 „ grand orifice soit plongé dans l'eau d'une  
 „ Cuvette  $BC$ , & que la queue de  
 „ cet Entonnoir soit tirée en Tuyau cap-  
 „ pillaire ouvert en  $A$ , l'eau restera suspen-  
 „ due dans l'Entonnoir, sçavoir, la colom-  
 „ ne  $Aa$  par l'attraction de la circonfé-  
 „ rence annulaire du Tube qui est à sa  
 „ surface, & les autres colonnes d'eau,  
 „ comme  $Ff$ ,  $Dd$ ,  $Ee$ ,  $Gg$  le feront à

proportion , par l'attraction des parties “  
 du verre qui sont au-dessus d'elles , tel- “  
 les que *F, D, E, G*. Il paroît que les “  
 colonnes , ou filets d'eau *Dd, Ee* , ne cou- “  
 lent pas vers *Ff* ou *Gg* , & ne se quittent “  
 point à cause de l'adhérence qu'elles ont “  
 avec la colonne *Aa* que le Tube soutient , “  
 car si on brise le Tube en *D, E* , toute l'eau “  
 s'écoule aussi-tôt. ,,

Comme cette solution est différente  
 de celle que j'ai donnée , & que la ré-  
 putation de l'Auteur , dont tout le monde  
 connoît la sagacité en fait de Physique  
 Expérimentale , étoit capable d'autoriser  
 son sentiment , je me suis crû obligé d'e-  
 xaminer de nouveau les circonstances  
 de cette Expérience , afin de réfuter son  
 sentiment ou de corriger le mien ; c'est  
 pourquoi , à la première Assemblée de la  
 Société , j'ai fait voir l'Expérience sui-  
 vante.

*afbcg* (Figure 52 ) est un Entonnoir  
 dont la partie inférieure est Cyindrique,  
 & a une hauteur considérable : l'extrémi-  
 té supérieure est tirée en Tuyau capil-

laire en  $a$  : ce vaisseau contient de l'eau de la hauteur  $bf$ , de maniere que sa surface  $bg$  n'atteint point à la partie courbée de l'Entonnoir : ayant mis mon doigt mouillé sur le bout  $a$ , il est entré une petite quantité d'eau dans le Tuyau capillaire en  $a$ ; & l'eau contenuë dans cet Entonnoir est restée suspenduë au-dessus du niveau, comme dans la premiere Expérience.

Or il est évident par celle-ci, que les petits filets d'eau dans lesquels nous supposons le Cylindre  $fgbc$ , partagé, ne sont pas soutenus par l'attraction des parties concaves du verre, puisqu'elles n'y touchent point du tout, ni par une colonne d'eau centrale, qui soit elle-même soutenuë par son contact avec le haut du Tuyau capillaire, & supporte toutes celles qui l'environne par son adhérence avec elles; or c'est sur ces deux points, que l'explication de notre Auteur est fondée.

Voici néanmoins comment on peut expliquer cette Expérience; le Cylindre

d'eau  $fbgc$  fait équilibre par son poids avec une partie de la pression de l'Atmosphère, qui pèse sur la surface de l'eau de la Cuvette, & tend à repousser en haut l'eau du Cylindre ; une autre partie de cette pression de l'Atmosphère est en équilibre avec le ressort de l'air  $afg$  qui est demeuré entre la surface du Cylindre d'eau  $fbgc$ , & la colonne du Tuyau capillaire  $a$  ; mais comme cet air presse également de tous côtés, il doit faire autant d'effort contre la pression qu'exerce l'Atmosphère sur la petite colonne d'eau en  $a$ , qu'il en fait sur celle du gobelet ; le reste de la pression de l'Atmosphère sur la colonne d'eau en  $a$ , est soutenu par la force avec laquelle cette colonne est adhérente au Tuyau capillaire, laquelle par conséquent doit faire équilibre avec le poids du Cylindre d'eau  $fgbc$ , & c'est la véritable cause de la suspension de ce Cylindre, quoiqu'elle ne soit pas immédiate.

L'Expérience réussit de même, quand à une colonne d'eau  $fgbc$ , on en sub-

stituë une de vif-argent , & qu'on touche de même le haut du Tube avec le doigt mouillé , mais la hauteur de l'eau doit d'autant excéder celle du vif-argent , que la gravité spécifique de celui-ci est plus grande.

Je vais maintenant m'acquitter de la promesse que j'ai faite dans le discours dont je viens de parler , sçavoir d'examiner si les Expériences qui y sont rapportées réussiroient dans le vuide , & si l'eau pourroit rester suspenduë dans un grand Tuyau , dont le haut seroit tiré capillaire , a une hauteur plus grande que celle à laquelle la pression de l'Atmosphère pourroit la soutenir.

Pour cela j'ai fait bouillir de l'eau , & je l'ai purgée de tout son air dans la Machine Pneumatique , après quoi les Expériences ont réussi aussi-bien dans le vuide , que dans l'air libre. La treizième Expérience , entr'autres , a été faite avec un Tube de 35 pouces de long , & d'un quart de pouce de diamètre , dont le haut étoit tiré en un filet délié ; étant plein

d'eau purgée d'air comme ci-devant, la même quantité a resté suspenduë dans le vuide ; ce qui fait voir évidemment que le succès de cette Expérience ne dépend aucunement de la pression de l'air, puisqu'une petite quantité d'air n'a pas été capable de soutenir l'eau à une si grande hauteur, & par conséquent que la hauteur à laquelle l'eau peut être suspenduë par le verre, n'est point bornée par cette pression.

Mais je dois faire sentir une difficulté considérable qui se présente d'abord à ceux qui examinent cette Expérience : pour la rendre plus manifeste, il faut observer ce qui arrive, quand on emplit d'eau purgée d'air, un Tuyau capillaire, & qu'on l'enferme dans un Récipient dont on a pompé l'air.

Dans ce cas, toute la colonne d'eau contenuë dans ce Tube *abc* (Fig. 53) est suspenduë par l'attraction de l'anneau au haut du Tube *a*, & quoique cet anneau n'agisse pas immédiatement sur les parties d'eau, hormis sur celles qui lui

sont contiguës , & celles qui sont assez proches , pour être dans la Sphere d'attraction qui ne s'étend qu'à une très-petite distance ; cependant il est impossible que les autres parties d'eau , comme celles qui sont en *c* se séparent de l'eau qui est au-dessus d'elles & tombent en bas , parce que l'action de l'anneau en *c* s'oppose à leur descente ; car étant égal à l'anneau *a* , il est capable de suspendre une colonne de la longueur *ab* , & par conséquent il est plus que suffisant pour soutenir la colonne *cb* , d'où il est évident qu'aucune autre partie de l'eau contenue dans le Tube , ne peut descendre à moins que la partie supérieure jointe au poids de l'eau qui est au-dessous , ne devienne capable de vaincre l'attraction du verre en *a*.

Mais dans un Tube composé , comme celui dont nous nous sommes servi dans une de nos Expériences ( Fig. 54 ) (*acb*) le cas est bien différent , & on n'apperçoit pas aisément , pourquoi dans le vuide , chaque partie d'eau dans l'en-



Droit le plus large du Tube , comme en *c* , n'abandonne pas celle qui est au-dessus & ne descend pas , puisque l'anneau *c* est beaucoup trop large pour pouvoir soutenir une colonne d'eau aussi longue que *cb*.

La meilleure réponse que je puisse faire à cette difficulté, c'est que l'adhérence de l'eau du petit Tuyau à celle du plus large, suffit pour compenser le poids de l'eau suspendue , mais comment cette cohésion dépend-elle d'un milieu assez subtil pour passer au travers du Récipient , c'est ce qui mérite attention. Car quoiqu'un tel milieu puisse pénétrer également les pores de l'eau du Gobelet , & du Tuyau capillaire, cependant il agira avec toute sa force sur les parties solides de l'eau , ( s'il m'est permis de parler ainsi ) qui en composent la surface dans le Gobelet , au lieu que de semblables parties solides dans le Tube , qui se trouveroient directement sous les parties solides de cette surface de l'eau du Gobelet , seroient à couvert de cette pression , d'où s'ensuit qu'il y auroit

une moindre pression de ce milieu sur la partie de l'eau enfermée dans le Tuyau capillaire, que sur une égale surface de l'eau de la Cuvette : de façon que la colonne d'eau suspendue dans le Tube, pourroit être soutenue par la différence entre ces deux pressions ; cette explication peut être confirmée par les Expériences suivantes, quoique j'aie parler tout-à-l'heure d'une autre cause qui contribue au succès des premières, & de celles-ci.

Je rapporterai d'abord la fameuse Expérience de la suspension du Mercure, à la hauteur de 70 ou 75 pouces dans le Tube de *Toricelli*, dans l'air libre, à quoi nous pouvons ajouter celle qui a été pareillement faite dans un Récipient vuide d'air, & rapportée par M. *Papin* dans la *continuation du Digesteur* ; je ne parlerai point de la suspension de l'eau purgée d'air dans le vuide, rapportée dans le même Livre, parce qu'il y a peu de différence entre cette Expérience, & celle que je viens de rapporter, le haut de la courbure

courbure du Tuyau , que nous pouvons supposer aussi petit que nous voudrons, tenant lieu du Tuyau capillaire qui est au haut de notre Tube ; mais nous ne devons pas passer sous silence les Expériences qu'a fait l'illustre M. *Huyghens* , & qu'il a publié dans les *Transactions Philos.* n°. 86 , sur l'adhérence des deux Plateaux polis dans un Récipient vuide d'air, de même que l'écoulement de l'eau & du mercure purgé d'air par le Syphon , sous le Récipient de la Machine Pneumatique , qu'il rapporte au même principe dont nous nous sommes servi pour expliquer les nôtres.

III. Quand à l'existence d'un tel milieu , je me contenterai de renvoyer à ce qu'en a dit notre illustre Président , dans les questions qui sont à la fin de la dernière édition de son *Optique* , & comme j'ai eu dernièrement l'honneur d'entretenir la Société de quelques Expériences , qui sont exactement conformes à celles du Docteur *Taylor* , de Monsieur *Hauksbée* & aux miennes , & qui me mettent à présent

en état de faire là-dessus un petit système ; je l'ai disposé dans les propositions suivantes qui seront démontrées par les Expériences que j'y ai jointes.

*PROP. 1. Les particules d'Eau s'attirent mutuellement.*

Cette proposition est, je crois, universellement reconnue , & n'a pas besoin de démonstration : la rondeur des gouttes de pluies , & l'empressement avec lequel deux gouttes d'eau semblent se joindre dès qu'elles se touchent, la prouvent assez.

*PROP. 2. Les particules du Vif-argent s'attirent mutuellement.*

C'est aussi manifeste par la rondeur qu'affectent les gouttes de Mercure posées sur une table unie , dont deux s'unissent aussi-tôt qu'elles viennent à se toucher.

*PROP. 3. L'Eau est attirée par le verre.*

Celle-ci est encore prouvée par toutes les Expériences que nous avons rapportées sur ce sujet.

*PROP. 4. Le verre attire le Vif-argent.*

Exp. 1. Si on met une petite goutte de Mercure sur une feuille de papier, & qu'on la touche avec un morceau de cryſtal en l'élevant doucement, le vif-argent ſ'y attachera, & ſi le verre eſt élevé de deſſus le papier, il prendra le vif-argent de même que l'Aimant enleve un morceau de fil-de-fer; le vif-argent ſ'attachera par une ſurface plane d'une largeur conſidérable, par rapport au volume de la goutte, comme on le voit évidemment avec un microſcope; enfin ſi on tient le verre un peu obliquement, la goutte de Mercure roulera tout doucement ſur ſon Axe le long du bord inférieur du verre, juſqu'à ce qu'elle arrive au bout où elle reſtera ſuspendue comme auparavant.

Prop. 5. *Le verre attire plus les particules d'Eau, qu'elles ne s'attirent entr'elles.*

Cela paroît évidemment par l'élévation de l'eau dans les Tuyaux capillaires; car quand l'eau commence à ſ'élever dans les Tuyaux capillaires, toutes les particules d'eau qui touchent le petit an-

neau au fond du Tube , doivent avoir cessé de toucher l'autre Eau , & s'être élevées malgré leur gravité pour venir s'appliquer au verre ; c'est ainsi qu'on explique les Expériences du Docteur *Taylor* , de M. *Hauksbée* & les miennes , car en y faisant attention , on verra que dans toutes , quelques parties d'eau abandonnent la masse , pour venir s'appliquer au verre.

*PROP. 6. Le verre attire moins les particules de Vif-argent , qu'elles ne s'attirent entr'elles.*

*EXP. 1.* Si on plonge un petit Tube *ab* ouvert par les deux bouts Fig. 55. dans un vaisseau plein de vif-argent , & qu'on l'approche du bord du vaisseau , afin qu'on puisse appercevoir au travers l'élévation du Mercure ; le Mercure entrera en partie dans le Tube , mais il s'arrêtera à quelque endroit , comme en *e* au-dessous de la surface *cd* , & la distance *ce* sera toujours réciproque au diamètre du Tube.

Dans cette Expérience , une colonne

de vif-argent de la hauteur *ce* tend à faire monter le Mercure dans le Tuyau capillaire ; & comme on a déjà prouvé que le verre attire le Mercure , l'attraction de la surface annulaire qui est contiguë sa superficie , tend à l'élever encore davantage.

Mais une autre puissance contraire s'oppose à cette élévation du Mercure , sçavoir l'attraction de la masse de Mercure avec laquelle la petite colonne communique ; non-seulement cette attraction contrebalance celle du verre , mais aussi le poids de la colonne *ce* , d'où il est clair qu'elle est plus grande que celle du verre.

La cause qui empêche le poids de la colonne de Mercure *ce* , étant donc la différence entre l'attraction de la surface annulaire du Tube en *e* , & celle d'une égale surface de Mercure de la Cuvette , dont celui qui tend à monter dans le Tube , doit s'éloigner pour s'unir à un semblable anneau de verre , cette cause , dis-je , sera proportionnelle à cette sur-

face annulaire, ou ce qui est la même chose au diamètre du Tube, & puisque la colonne soutenuë doit être proportionnelle à la cause qui la soutient, cette colonne doit pareillement être comme le diamètre du Tube : mais la colonne suspenduë est comme le quarré du Tube, & le poids de la colonne *ce* conjointement ; d'où il suit que le poids de *ce* doit être réciproquement comme le diamètre du Tube, ainsi qu'on l'a trouvé par Expérience.

L'Expérience de l'élévation de l'eau dans les Tuyaux capillaires, est précisément l'inverse de celle-ci.

EXP. 2. En mettant du vif-argent dans un Syphon renversé *acb*, (Figure 56) dont une des branches *ac*, est plus étroite que l'autre *cb*, la hauteur *ce* à laquelle se tient le Mercure dans la plus large branche *cb*, est plus grande que la hauteur *cd* à laquelle il se tient dans la plus étroite.

Au contraire, l'eau se tient plus élevée dans la branche plus étroite, que dans l'autre.



EXP. 3. Dans la Fig. 57 *abcd* représente une plaque de verre rectangulaire, qui fait le côté d'une boîte de buis, dans l'intérieur de laquelle est un autre verre plan de la même grandeur qui est bien appuyé sur le premier par l'extrémité *ac*, & est écarté à l'autre extrémité *bd*, de sorte que ces deux Plans forment un petit angle. Quand on verse du Mercure dans cette boîte à quelque hauteur, comme *ce* il s'insinuë entre les deux glaces planes, & montant entre ces glaces à différentes hauteurs, plus grandes ou moindres, selon qu'elles sont moins ou plus écartées, il forme une hyperbole ordinaire *cgf*, dont une des Asymptotes *ef* est la ligne à laquelle la surface du Mercure dans la boîte touche la glace intérieure, l'autre est la ligne *ac* qui joint les deux Plans : nous avons examiné avec soin cette hyperbole, M. *Hauksbée* & moi ; les rectangles *ehg* nous ont paru égaux (avec toute l'exactitude qu'on peut espérer) ainsi qu'on démontre qu'ils doivent être, quand les Plans ont été considé-

ablement écartés : mais quand les Plans n'ont pas été beaucoup écartés , leurs inégalités , quoique j'ai choisi les plus exacts , devenant plus grandes à proportion de leur distance , ont produit une altération sensible , c'est , je crois , la raison pourquoi les Ordonnées trouvées par M. *Hauksbée* , en examinant la courbe produite en sens contraire , en mouillant deux semblables glaces dans l'Esprit de Vin , ne répondent pas à celles de l'hyperbole.

EXPERIENCE 4. Figure 58. *ab* est le profil de deux glaces jointes en *a* , & écartées en *b* , de façon qu'elles forment un petit angle plan : *c* représente une goutte de Mercure assez large , la plus large est la meilleure ; ayant introduit cette goutte en *c* , en tenant les Plans dans une situation verticale , elle se retire du contact de ces deux Plans en *d* quand on les incline , & que leur situation approche de l'horizontale , & la distance *cd* devient plus grande ou moindre , selon que le Plan est plus ou moins incliné à l'horison,

Une goutte de quelque huile ou autre liqueur humide, se meut en sens contraire, comme l'a fait voir M. *Hauksbée*.

EXP. 5. Fig. 59. *ab* est un Tube ouvert par les deux extrémités, & d'un pied ou deux de long, dont la partie inférieure est tirée en Tuyau capillaire *b*, le Tube étant rempli de Mercure, toute la colonne restera suspendue, pourvu que le Tuyau capillaire *b* soit assez étroit; mais si on plonge l'extrémité *b* dans d'autre Mercure, en sorte qu'il communique avec celui du Tuyau, celui-ci sortira tout-à-fait jusqu'à ce qu'il soit arrivé à une hauteur moindre que *bc*, à laquelle il s'arrêtera de nouveau, la hauteur *bc*, étant à peu près dans une proportion réciproque au diamètre du petit bout du Tube.

La septième Expérience du Mémoire précédent, est l'inverse de celle-ci.

EXP. 6. Est la même que la précédente, excepté qu'elle est faite avec un grand entonnoir du verre *ab* au lieu du Tube, Fig. 60.

L'inverse de celle-ci avec de l'Eau,

est la treizième du Mémoire précédent.

Dans toutes ces Expériences il est aisé de voir que l'effet vient de la différence des attractions du Mercure au verre , & des parties du Mercure entr'elles , qui sont toujours opposées l'une à l'autre , de sorte qu'il est inutile d'expliquer chaque Expérience en particulier : mais il sera plus à propos de prévenir le lecteur sur l'Objection suivante , à laquelle je vais répondre.

Dans l'Expérience qui sert à démontrer la quatrième proposition , le globule de Mercure s'attache au verre par une surface plane , ce qui ne sçauroit se faire sans augmenter la surface de ce globule , & par conséquent sans écarter chacune de ses parties de leur contact mutuel : si donc elles tendent plus fortement les unes vers les autres que vers le verre , pourquoi ne s'éloigneroient-elles pas du verre , & ne prendroient-elles pas une figure parfaitement sphérique , qu'elles devroient avoir pour se toucher plus intimement ?

On peut répondre à cela , que la puis-

sance par laquelle le Mercure est attiré , soit qu'elle vienne du verre ou d'autre Mercure , est toujours proportionnelle à la surface attirante , par conséquent, quoique toutes choses égales , la tendance du Mercure au verre ne soit pas si considérable que sa tendance vers d'autre Mercure ; cependant comme dans ce cas , un plus grand nombre de particules de Mercure viennent à toucher le verre , qu'il ne s'en écarte de leur contact mutuel , il n'est pas étonnant que l'attraction du verre l'emporte , & cause l'adhérence du globule ; car le nombre des parties du Mercure qui se séparent des autres , n'excède pas celui qui compense la différence qui arrive dans les surfaces , quand la goutte change de figure , au lieu que les particules qui deviennent adhérentes au verre , sont toutes celles qui forment la surface plane , par laquelle le globule touche le verre.

Cette considération doit pareillement s'appliquer à la suspension du vif-argent dans les Tuyaux , tant à une hauteur

extraordinaire dans l'air libre , qu'à une moindre dans le vuide , car le haut du Tube étant sphérique à peu près , on trouvera que le contact du Mercure à l'extrémité du Tube , est au contact qu'il auroit avec l'autre Mercure , en quittant le haut du Tube & en descendant un peu , dans une raison infiniment grande ; d'où l'on voit que le contact du Mercure au haut du Tube , est une des causes de la suspension.

*Coroll. 1.* Il suit de cette proposition ; que dans un Baromètre fait avec un Tube étroit , le vif-argent ne sera jamais aussi élevé que dans un plus large ; ce qui explique le Phœnomene si souvent rapporté dans l'histoire de l'Académie Royale des Sciences par *M. de la Hire* , sçavoir que dans le Baromètre dont il se servoit ordinairement par ses Observations annuelles , le vif-argent ne s'élevoit jamais aussi haut , que dans un autre de 3 lignes & demie de diamètre , ( c'est à peu près ; de pouce de notre mesure ) qu'il avoit chez lui ; car il nous avertit que le Tube

de ce premier Baromètre est très-étroit. De sorte qu'il est inutile d'aller soupçonner la nature du vif-argent , du verre dont est fait le Tube , ou d'une petite quantité d'air restée au haut du Tube , comme les causes de cet effet , & d'autres semblables.

*Coroll. 2.* Dans un Baromètre fait avec un petit Tube , le Mercure haussera & baissera irrégulièrement , car comme la hauteur du Mercure dépend en partie de l'endroit du Tuyau que touche sa surface , il est évident que les inégalités inévitables du Tube seront plus considérables par rapport au diamètre , & par conséquent influenceront davantage sur la hauteur du Mercure , qu'elles ne feroient dans un Tube plus large , & c'est , je crois , la raison pourquoi il est si difficile , pour ne pas dire impossible , de faire deux Baromètres qui soient parfaitement d'égale hauteur dans toutes les différentes constitutions de l'air , particulièrement si les Tubes sont étroits. Cette inégalité est encore plus considérable dans les Baromètres

tres , dans lesquels le vif-argent se meut dans un grand espace , pour changer tant soit peu la véritable hauteur de la colonne suspenduë. La même remarque doit servir pour ces niveaux qui dépendent de l'élévation du Mercure , à la même hauteur dans les deux branches d'un Tuyau recourbé , & comme l'effet est précisément contraire dans les Niveaux faits avec de l'eau ou de l'Esprit de Vin , on doit y avoir égard dans la construction de cet instrument , en faisant des Tubes assez grands pour que l'erreur soit la plus petite qu'il est possible.





# T A B L E

## DES GRAVITÉS SPECIFIQUES de différentes Matieres.

<b>O</b> R fin , ou de Coupelle.....	19.	640
Or d'une Guinée.....	18.	888
Or d'un Ducat.....	18.	261
Or d'un Loüis.....	18.	166
Mercure.....	14.	000
Mercure doux.....	13.	382
Plomb.....	11.	325
Argent fin de Coupelle.....	11.	091
Argent monnoyé.....	10.	535
Mercure doux sublimé trois fois.....	9.	804
Bismuth.....	9.	700
Cuivre rouge du Japon.....	9.	000
Cuivre de Suede.....	8.	784
Turbith minéral.....	8.	235
Cinnabre artificiel.....	8.	200
Mercure doux sublimé 4 fois.....	8.	170
Cuivre jaune , ou Laiton.....	8.	000
Acier trempé.....	7.	850
Fer.....	7.	645
Regule martial.....	7.	500
Etain.....	7.	471
Autre.....	7.	320
Cinnabre naturel.....	7.	300

Cinnabre d' <i>Almaden</i> .....	6. 188
Zinc.....	7. 107
Sublimé corrosif.....	6. 325
Litharge d'or.....	6. 000
Litharge d'argent.....	6. 044
Cinnabre d'Antimoine.....	6. 044
Verre d'Antimoine.....	5. 280
Aimant d'Hongrie.....	5. 106
Autre.....	5. 004
Aimant de <i>Cherpho</i> .....	5. 245
Pierre calaminaire.....	5. 000
Pierre bleuë de Namur.....	5. 000
Antimoine de Hongrie.....	4. 700
Antimoine d'Allemagne.....	4. 000
Antimoine d'Auvergne.....	4. 858
Tutie.....	4. 615
<i>Crocus metallorum</i> .....	4. 500
Pierre de <i>Bologne</i> .....	4. 496
Grenats de Bohême.....	4. 360
Pierre Hoematites.....	4. 360
Fausse Topase.....	4. 270
Mine d'Antimoine de Poitou.....	4. 215
Mine de Fer des Pyrenées.....	4. 171
Grenats de Suede.....	3. 978
Mine de Grenats-Marcassite.....	3. 100
Arsenic blanc.....	3. 695
Orpiment.....	3. 521
Saphir d'Orient.....	3. 562
Pyrite Vitriolique.....	3. 512
Ardoise bleuë.....	3. 500
	Malachite

# DES GRAVITES, &c. 449

Malachite.....	3.	490
Diamant.....	3.	400
Pierre à Aiguifer, de Lorraine.....	3.	288
Cerusse.....	3.	156
Verre blanc ou Crystal.....	3.	150
Calamine d' <i>Iffy</i> .....	3.	108
Turquoise.....	3.	088
Emeril de l'Isle de <i>Naxos</i> .....	3.	067
Emeril de Normandie.....	3.	038
<i>Lapis lazuli</i> , Azur.....	3.	054
Peridor.....	3.	052
Talc de la Jamaïque.....	3.	000
Topase.....	2.	712
Amianthe.....	2.	913
Soufre rouge de <i>Quito</i> .....	2.	908
Pierre Divine, ou Nephretique.....	2.	894
Opale.....	2.	882
Crapaudine.....	2.	826
Pierre Hoematites de <i>Minorque</i> .....	2.	806
Talc de Venise.....	2.	780
Emeraude.....	2.	777
Sucre de Saturne.....	2.	745
Bol d'Armenie.....	2.	727
Nitre fixé.....	2.	723
Crystal d'Islande.....	2.	720
Marbre.....	2.	718
Marbre blanc, d' <i>Italie</i> .....	2.	707
Marbre noir, d' <i>Italie</i> .....	2.	704
Pierre Belemnite.....	2.	675
Verre de bouteille.....	2.	666
Jade.....	2.	683

Corail rouge.....	2.	689
Corail blanc.....	2.	500
Crystal de roche.....	2.	650
Pierre à Fusil.....	2.	641
Hyacinthe.....	2.	631
Agathe-Onix.....	2.	627
Verre vert commun.....	2.	620
Jaspe.....	2.	610
Caillou d'Egypte.....	2.	578
Agathe d'Angleterre.....	2.	512
Pierre Judaïque.....	2.	500
Pierre, ou Caillou Ordin. ....	2.	500
Marne de <i>Marly</i> .....	2.	428
Selenite.....	2.	322
Tartre Vitriolé.....	2.	298
Tartre Emetique.....	2.	246
Sel admirable de Glauber.....	2.	246
<i>Osteocolla</i> .....	2.	240
Os sec de Mouton.....	2.	222
Amethyste.....	2.	211
Sardoine.....	2.	180
Pierre noire d' <i>Irlande</i> .....	2.	165
Sel de Gayac.....	2.	148
Sel Polychreste.....	2.	148
Sel de Prunelle.....	2.	148
Sel gemme.....	2.	143
Iris.....	2.	130
Terre Savonneuse.....	2.	094
Ecailles d'Huitre.....	2.	092
Terre à pipes de <i>Roëen</i> .....	3.	088
Soufre de la Guadeloupe.....	2.	077

# DES GRAVITES, &c. 451

Soufre de l' <i>Archipel</i> .....	2.	018
Terre de Lemnos.....	2.	000
Brique.....	2.	000
Soufre vif.....	2.	000
Nitre.....	1.	900
Crème de Tartre.....	1.	900
Vitriol blanc.....	1.	900
Vitriol d'Angleterre.....	1.	880
Corne de Cerf.....	1.	875
Corne de Bœuf.....	1.	840
Albâtre.....	1.	872
Tartre.....	1.	846
Yvoire.....	1.	825
Soufre mineral.....	1.	800
Vitriol de <i>Dantzic</i> .....	1.	715
Alun.....	1.	714
Borax.....	1.	714
Vert de gris.....	1.	714
Huile de vitriol.....	1.	700
Calcul humain.....	1.	700
Autre calcul.....	1.	664
Os de Bœuf.....	1.	656
Esprit de Nitre rectifié.....	1.	610
Huile de Tartre.....	1.	550
Bezoard Oriental.....	1.	530
Bezoard Occidental.....	1.	500
Sel de Corne de Cerf.....	1.	496
Sel Ammoniac.....	1.	453
Ens de Mars sublimé une fois.....	1.	453
———— sublimé trois fois.....	1.	269
Miel.....	1.	450

Esprit de Nitre Bezoardique.....	I. 414
Gomme Arabique.....	I. 375
Opium.....	I. 363
Eau forte double.....	I. 341
Noix de Cocos.....	I. 340
Esprit de Nitre, <i>de M. Geoffroy</i> .....	I. 338
Bois de Gayac.....	I. 337
Gomme Adragant.....	I. 333
Esprit de Nitre commun.....	I. 315
Eau-forte.....	I. 300
Myrrhe.....	I. 250
Charbon de Terre.....	I. 240
Agathe noire.....	I. 238
Eau Regale.....	I. 234
Resine de Gayac.....	I. 224
Jayet.....	I. 224
Esprit de Vitriol.....	I. 203
Scammonée.....	I. 200
Bois Nephretique.....	I. 200
Bois d'Aloës.....	I. 177
Ebene.....	I. 177
Poix.....	I. 150
Esprit de Soie.....	I. 145
Esprit de Sel.....	I. 130
Le même par l'huile de Vitriol.....	I. 154
Sediment du sang humain.....	I. 126
Esprit d'urine.....	I. 120
Colle de Poisson.....	I. 111
Huile de Sassafras.....	I. 094
Décoction de Gentiane.....	I. 085
Décoction de Bistorte.....	I. 073

# DES GRAVITE'S, &c. 453

Esprit de Tartre.....	I. 073
Racine d'Esquine.....	I. 071
Encens.....	I. 071
Lessive de potasse.....	I. 060
Santal blanc.....	I. 041
Ambre.....	I. 040
Sang humain.....	I. 040
Décoction d' <i>Arum</i> .....	I. 036
Huile de Cannelle.....	I. 035
Huile de Geroffe.....	I. 034
Noix de Galles.....	I. 034
Vin de Canaries.....	I. 033
Serosité du sang humain.....	I. 030
Bois de Bresil.....	I. 030
Buis.....	I. 030
Esprit. d'Ambre.....	I. 030
Eau de Mer.....	I. 030
Urine.....	I. 030
Vinaigre distillé.....	I. 030
Vinaigre ordinaire.....	I. 017
Lait de Vache.....	I. 030
Lait de Chevre.....	I. 030
<i>Laudanum</i> , liq. de <i>Sydenham</i> .....	I. 024
Décoction de Quinquina.....	I. 024
Biere.....	I. 019
Bois verd.....	I. 004
Eau de Riviere.....	I. 009
Eau de Pluie.....	I. 000
Eau de Puits.....	0. 999
Eau distillée.....	0. 993
Eau bouillante.....	0. 963

Camphre.....	o. 998
Vin d'Orleans.....	o. 996
Vin de Pontac.....	o. 993
Vin de Bourgogne.....	o. 992
Cire jaune.....	o. 995
Huile d'Aneth.....	o. 994
Hyssope.....	o. 986
Sabine.....	o. 983
Succin.....	o. 978
Cumin.....	o. 975
Huile de Menthe.....	o. 975
Ruë.....	o. 975
Muscade.....	o. 948
Tanaïse.....	o. 946
Origan.....	o. 940
Carvi.....	o. 940
Spicnard.....	o. 936
Romarin.....	o. 934
Lin.....	o. 932
Olive.....	o. 913
Genièvre ou Cade.....	o. 911
Bois de Campesche.....	o. 931
Cœur de Chêne.....	o. 929
Elixir des propriét. avec le Sel Volat.....	o. 939
Huile de Lin.....	o. 936
Huile de Noix.....	o. 934
Huile de Navette.....	o. 919
Teinture de Quinquina.....	o. 900
Teint. de Gomme ammoniac.....	o. 899
Esprit de Miel.....	o. 895
Baume de Tolu.....	o. 896



## DES GRAVITES, &c. 455

Huile d'Orange.....	o.	888
Huile de Therebenthine.....	o.	871
Branche de Chêne.....	o.	870
Teinture d'Antimoine.....	o.	866
Huile de Navette.....	o.	853
Teinture d'Acier de <i>Mynsicht</i> .....	o.	853
Bois de Hêtre.....	o.	854
Lentisque.....	o.	849
Huile de Cire.....	o.	831
Santal citrin.....	o.	809
Esprit de vin rectifié.....	o.	806
Esprit de vin Étheré.....	o.	732
Racine de Gentiane.....	o.	800
Frêne sec.....	o.	800
Quinquina.....	o.	784
Bois de sainte Lucie.....	o.	773
If.....	o.	760
Erable sec.....	o.	755
Prunier sec.....	o.	663
Cedre.....	o.	613
Orme.....	o.	600
Cyprès.....	o.	591
Genevrier.....	o.	556
(a) Sapin.....	o.	550
Laurier.....	o.	549

(a) On a mis ici les gravités spécifiques des bois secs, & non pas des bois verts, car le Docteur *Jurin*, a observé que la substance des bois est spécifiquement plus pesante que l'eau, puisqu'ils vont au fond, après qu'on a fait sortir l'air de leurs pores, ou de leurs vaisseaux Aëriens, en les plaçant dans l'eau chaude sous un recipient; ou si on n'a pas de machine Pneumatique, en les laissant pendant

# 456 TABLE DES GRAV. &c.

Sassafras.....	o. 482
Pin.....	o. 430
Liège.....	o. 240
Air.....	o. 001

quelque temps dans l'eau bouillante ; il a trouvé aussi quelques calculs humains , aussi pesants que la brique , & même que la plus tendre espèce de Grés. *Transactions Philosophiques*. N°. 369. . .

Les gravités spécifiques , du sang humain , de ses résidences fibreuses , & celle du *serum* , ont été déterminées très-exactement par le même Auteur. *Transactions Philosophiques* , N°. 361. \*

\* Les pesanteurs spécifiques des Liqueurs , ont toutes été déterminées lorsqu'elles avoient le même degré de chaleur , sçavoir quatre degrés au-dessus de la Congellation du Thermomètre de M. de *Reaumur*,



# COMPARAISON

Des Mesures de France & d'Angleterre.

*Des Mesures courantes.*

**L**E pied de Londres est à celui de Paris, comme 1000 à 1065.

La Verge Angloise contient 3 pieds.

La Toise est de deux verges.

Le Mille de Londres par un Arrêt du Parlement rendu la cinquième année du Regne de la Reine *Anne*, a été établi de 5280 pieds Anglois, c'est-à-dire 4957,74647887, &c.

*Des Poids. \**

	<i>grains de Troy.</i>	<i>gr. de Troy.</i>
La livre de <i>Troy</i> , contient...	5760 & l'once...	480...
La livre <i>Averdupois</i> .....	7004 ... l'once...	437,75
La livre de <i>Paris</i> ,.....	7560 ... l'once...	472,5..

La livre de *Troy* est à la livre *Averdu-  
pois*, comme 88 à 107, car  $88 : 107 :: 5760 : 7003,636$ .

\* Ce Mémoire m'a été communiqué par une personne qui l'a reçu de Monsieur *G. Graham*, dans une lettre datée du 19. Juillet 1739.

L'once de *Troy* est à l'once *Averdupois*, comme 80 à 73, car  $80,73 :: 480 : 438$ .

La livre de *Troy* est à la livre de *Paris*, comme 16 à 21.

L'once de *Troy* est à celle de *Paris*, comme 64 à 63.

La livre *Averdupois* est à celle de *Paris*, comme 63 à 68, à peu près, car  $63,68 :: 7004,7559,873$ .

La livre de *Troy*, contient 12 onces, la livre *Averdupois* 16, & celle de *Paris* 16 onces pareillement.

#### *Mesures des liquides.*

La Pinte de l'Hôtel-de-Ville de *Paris*, contient 47,285 pouces cubiques de *Paris*, & 57,117898218, &c. pouces cubiques de *Londres*.

La Quarte de *Londres*, contient 57,75 pouces cubiques de *Londres*, ou bien 47,68 pouces cubiques de *Paris*.

Le Galon, contient 4 Quartes, & la Quarte deux pintes.

F I N.

# T A B L E

## D E S M A T I E R E S.

*Les chiffres indiquent les Pages , & les lettres , les Notes.*

### A.

<b>A</b> IR. Dans quelle proportion la Densité augmente ; quand on le comprime ,	pag. 168 , 175
— Elasticité de l'air , ce que c'est.	156
— Quelle est la cause de l'Elasticité de l'air , -	188
— L'Elasticité de l'air est égale à la force qui le comprime.	157
— au poids de l'Atmosphère.	158
— est directement comme la Densité ,	168
— est réciproquement comme l'espace qu'il occupe.	ibid.
— Différents moyens de déterminer la gravité spécifique de l'air.	164 (A) , 165 , 274
— Sa gravité spécifique déterminée par Galilée.	279
par Mersenne.	282
par Hauksbée.	286
— est le milieu qui transmet les Sons ,	298
— Comment se font les Ondulations.	306
— Les effets de l'air comprimé , sont différents de ceux de l'air commun.	337
— artificiel produit par les dissolutions , fermentations , & par le feu dans le vuide.	327 , 349 , 351
— Différents moyens d'accélérer ou de retarder la production de l'air.	331 , 333
— a des effets différents de ceux de l'air commun.	337

# T A B L E

— Ses effets sur les animaux.	pag. 344
— le temps ne détruit point son Elasticité.	356
— absorbé.	359
<b>ALLIAGE.</b>	
— Maniere de trouver les proportions de plusieurs ingrédients , dans un Alliage quelconque , 120 ,	122 (4).
<b>ARCHIMEDES ,</b>	
— a cultivé le premier l'Hydrostatique.	3
— le premier a déterminé les gravités spécifiques des Corps.	87
— détermine l'Alliage de la Couronne du Roi Hieron.	ibid.
— Extrait de son Livre <i>de insidentibus in Humido</i> ,	85 , 46
<b>ATMOSPHERE.</b> Sa pression	
— soupçonnée par Galilée.	3 , 203
— prouvée par l'Expérience de Toricelli.	129
— — — — — de Pascal.	147
— — — — — par la combinaison de plusieurs Fluides dans les Tubes.	151 , 160. , 162
— — — — — diminuë à mesure qu'on s'éleve.	164 (4) 165 , 166
— — — — — sa quantité sur toute la sur la surface de la Terre.	167
— Sa rareté à une hauteur déterminée.	176
— Comment on détermine sa hauteur.	ibid.
— A quelle hauteur conserve des effets sensibles.	189
<b>ATTRACTION</b>	
— des particules d'Eau entr'elles.	434
— des parties du Vif-argent entr'elles.	ibid.
— de l'Eau & du Verre.	ibid.
— du Vif-argent & du Verre.	ibid.
— de l'Eau par le verre , plus grande que celle des parties d'Eau entr'elles.	435
— du Vif-argent par le verre , moindre que celle des parties du Vif-argent entr'elles.	436
— du Vif-argent par les glaces planes.	439
— de l'Eau par les glaces planes.	440 , 441
<b>AUZOUT</b> ( Expér. de M. ) sur le Baromètre.	132

## DES MATIERES.

— Expérience décisive en faveur de la pression de l'air. *ibid.* (a)

B.

**B**ALANCE Hydrostatique.

— Description de la balance Hydrostatique. 96 (a)

— Maniere de s'en servir. III

— — — — — composée. 73 (a)

**BAROMETRE.**

— Sa construction. 130 \*

— d'où viennent les variations. 444

— ce qui fait qu'ils ne s'accordent pas ordinairement. 127 \*

**BOIS.**

— La substance du Bois est spécifiquement plus pesante que l'Eau. 455

**BOYLE.**

— Baroscope statique de M. Boyle. 82

— Ses Expériences sur l'air artificiel. 331

— Paradoxe Hydrostatique de M. Boyle. 25

— Le cas qu'il faisoit de la balance Hydrostatique. 128

**BUFFON.**

— Remarques de M. de Buffon sur les Eaux. 109 \*

C.

**C**ANIGOU. Expériences sur le Baromètre faites au Canigou. pag. 166

— Expériences sur la chaleur de l'Eau bouillante, & sur le terme de la Congellation faites au Canigou. 408

**CAPILLAIRES.**

— Phœnomenes des Tubes & Syphons capillaires. 205

— sont les mêmes dans le vuide & dans l'air commun. 212 & 221

— Explication de ces Phœnomenes par l'Attraction. 218, 220

# T A B L E

## **CAPILLAIRES.**

- On n'a pas bien compris la cause de ces Phénomènes. pag. 412
- Découverte de cette cause. 417
- Pourquoi l'eau s'y élève d'elle-même. 422
- peuvent soutenir une quantité quelconque d'Eau. ibid.
- peuvent soutenir une grande quantité de Vif-argent. 426, 427

## **CASVEL**

- (Expérience de M.) sur la Montagne *Snowdon*, avec un Baromètre. 166

## **CENDRES.**

- Expériences sur l'Attraction de l'Eau par les Cendres. 124 \*

## **CENTRE de pression.**

- ce que c'est. 59
- maniere de le déterminer sur un Plan quelconque. 63
- est le même que le centre de percussion. ibid.

## **CHALEUR.**

- Echelle des differents degres de chaleur. 364

## **COMBINAISON de differents Fluides, dans un Tube de Toricelli.**

151, 160, 162

## **CONSERVER.**

- Maniere de conserver les Corps dans les liqueurs comprimées. 363

## **CUBIQUE.**

- Un pied cubique d'Eau pese 1000 onces *aver du poids.* 115

## E.

## **E** AU pese à peu près autant par tout pais. 108

## **ELASTICITE de l'Air.**

- Ses propriétés. 156
- Conjectures sur sa cause. 188

## **ESPRIT de Vin**

- empêche la production de l'Air. 337
- boit l'Air promptement. 365
- n'est aucunement compressible. 357



# DES MATIERES.

## F.

**F**LUIDES pressent également de tous côtés. *pag. 16, 47*

— pesent les uns sur les autres. 16

— pesent en eux-mêmes. 1

— il n'est pas nécessaire que leurs parties soient dans un mouvement continu. 216

— Élévation & abaissement des Corps solides dans les Fluides. 66

**FLUIDITE',**

— ce que c'est. 8

**FLOTTER.**

— Ce qui fait flotter les Corps. 70, 72 (\*) 75, 85

**FORCE.**

— Avec quelle force les Corps montent & descendent dans les Fluides. 70, 72

**FOSILES.**

— Moyen d'examiner les Fossiles proposé par M. Boyle. 124

## G.

**G**ALILE'E soupçonne le premier la pression de l'Air. *pag. 3, 203, 276*

— détermine sa gravité spécifique. 276

**GEOMETRIE**

— perfectionnée par l'Hydrostatique. 113

**GRANDEUR**

— des Corps déterminée par leur pesanteur spécifique & absolu. 115

**GRAVITE'**

— est une propriété commune à toute la matiere. 9

— absolu & relative. 78

— relative est inaltérable dans l'Eau à quelque profondeur que ce soit, mais non pas dans l'Air. 80

— spécifique, ce que c'est. 87

— Méthode de déterminer les gravités spécifiques de toute sorte de Corps, tant solides que Fluides. 87, 114

— Celle de l'Eau est par-tout la même. 108

**GRAVITE' spécifique.**

— Maniere de determiner la gravité spécifique de

# T A B L E

toute sorte de Corps , par leur grandeur & poids absolu.	pag. 114
— Table des Gravités spécifiques de différentes matieres.	447

## H.

<b>H</b> ABITUDE. Son empire sur la Raison.	133
<b>H A L E S.</b>	
— Extrait du Livre de la Statique des Vegetaux de M. Hales.	366
<b>H A L L E Y.</b>	
— Explication des variations du Baromètre , par M. Halley.	373
<b>H A R M O N I Q U E.</b>	
— Ce que c'est qu'une proportion Harmonique.	270
<b>H A U K S B E E</b>	
— ( M. ) détermine la gravité spécifique de l'Air.	283
— Erreur de Monsieur <i>Hauksbée</i> sur les Tuyaux capillaires.	413
— Ses Expériences sur la plus grande & la moindre dilatation de l'Air dans nos climats.	324 (a)
<b>H I E R O N.</b>	
— Examen analytique de la Couronne du Roi <i>Hieron.</i>	121
<b>H O O K.</b>	
— Explication des Phœnomenes des Tuyaux capillaires par M. <i>Hook.</i>	207
— Insuffisance de cette explication.	212, & suiv.
<b>H O R R E U R</b> du vuide.	
— Phœnomenes attribués à l'horreur du vuide.	137, 190
— réfuté par <i>Galilée.</i>	203
<b>H U Y G H E N S.</b>	
— ( Caractere de M. )	232
— ( Sentiment de M. ) sur les principes de Monsieur	
<b>N E W T O N.</b>	
<b>H Y D R O S T A T I Q U E,</b>	
— ce que c'est.	7
— cultivée d'abord par <i>Archimedes,</i>	3, 67, 87
	utile

# DES MATIERES.

- utile aux Phyficiens & aux Ouvriers. 113
- perfectionne la Geometrie & la Statique. pag. 113

## I.

**JURIN** sur les effets des Tuyaux & Syphons capillaires, par M. Jurin. 410

## L.

**LINUS**, son explication des Phœnomènes de *Toricelli*. 133

## LUMIERE.

- Sa propagation ne se fait pas pour un Fluide intermediaire. 314
- Sa vitesse. 313

## M.

**MACHINE PNEUMATIQUE**, inventée par *Otto Guericke*. 234

- perfectionnée par M. *Boyle*. 237
- par M. *Hankſbee*. 245
- Tables pour connoître comment on peut raréfier l'air dans un Récipient, dans un degré donné. 262, 265
- on ne peut jamais pomper tout l'Air. 248
- Jauge mercurielle de la Machine Pneumatique. 256

## MERCURE.

- est moins attiré par le verre, que par ses propres parties. 436
- au-deſſous du niveau dans les Tuyaux capillaires. 437
- reſte ſuſpendu à une hauteur extraordinaire dans le vuide. 432

## MESURES.

Comparaiſon des différentes Meſures de France & d'Angleterre. 457

## METEORE.

- Observations d'un Metéore en forme de demi cercle. 187

**MOUVEMENT** perpétuel tenté ſans ſuccès. 410

# T A B L E

O.

**O** N c e *Averdupois* , contient  $437\frac{1}{2}$  grains de la  
livre de Troy. page 116

— Romaine à peu près égale à l'once *Averdupois*.  
ibid.

**O** N D U L A T I O N.

— Comparaison des Ondulations de l'Air & de  
l'Eau. 302, 316

**O** T T O G U E R I C K E

— inventeur de la Machine Pneumatique. 234

P.

**P** A S C A L. Ses Expériences sur les Baromètres avec  
de l'Eau & du Vin. 149

— ~~sur l'Air le Pny de Domme.~~ 166

— Son explication de l'effet du Syphon. 34

**P** L A T E A U X.

— Union des Plateaux. 39, 191, 195, 204

**P** L O N G E U R S

— font bien pressés au fond de l'Eau. 13, 64

— pourquoi ils ne s'en plaignent point. 13

**P** O I D S.

— Comparaison des poids anciens & modernes. 116

— Poids relatifs & absolus des Corps dans les Flui-  
des. 78

— Poids absolus déterminés par la grandeur & la  
gravité spécifique. 117

**P** Ô M P E S.

— Explication de l'effet des Pompes. 39, 191, 201

**P** Ô M P E à condenser,

— sa description, sa jauge & ses usages. 188, 189

**P** R E S S I O N des Fluides

— s'étend de tous côtés. 15 (2) 27

— les effets généraux. 19

— soutient les Corps les plus pesants. ibid. (2)

— retient au fond les plus légers. ibid. (2)

— produit l'effet du Syphon. 26 (2)

## DES MATIERES.

— élève l'eau dans les Tuyaux, Pompes & Seringues. pag. 39, 192, 202

— fait l'adhérence des Marbres polis. 191, 204

— proportionnelle à la hauteur du Fluide. 41

— sa quantité sur le côté d'un vaisseau Cubique. 49

— sa quantité sur une surface plane. 55

### PRESSION,

— sa quantité sur une surface courbe. 57

— celle que supporte un Plongeur. 64

— centre de pression, moyen de le trouver. 59

— pression de l'Atmosphère à différentes hauteurs. 165

— sur toute la surface de la

Terre. 167

### RAREFACTION

— de l'Huile de lin par la chaleur. 394 *ibid.* (a)

— de l'air comparée à celle de l'Huile de lin. *ibid.*

## R.

**M**ANIERE de conserver longtemps les œufs frais  
par M. de *Reaumur*. 265

### RÉCIPIENT,

— dans quelle raison où le vuide d'air sur une Ma-

chine Pneumatique. 248

— ne peut jamais être entièrement évacué. *ibid.*

## S.

**S**EAU D'EAU. Pourquoi on ne sent pas le poids  
d'un seau d'eau, quand il est dans l'eau. 12, 77

### SITUATION

— des Corps flottants. 66

### SLARE.

— Poudre à Canon liquide de M. *Slare*. 327

### SOUFFLET.

— D'où vient la difficulté d'écarter les Ailes d'un

soufflet, dont les oüies sont bouchées. 191, 195

### SONS,

— leur propagation dans l'air. 298

# T A B L E

— ne passent point par le vuide.	pag. 308
— comment se fait leur propagation.	301
— se fait dans toute sorte de Direction.	304 & seq.
— leur vitesse.	321
— — — — — altérée par le vent , par le chaud & le froid.	325
<b>S T A T I Q U E.</b>	
— Démonstration d'un Theorème de statique.	57
<b>S U C C I O N.</b>	
— Comment se fait la succion.	193, 200
<b>S U R F A C E</b>	
— des Fluides, tantôt concave, tantôt convexe.	222
<b>S Y P H O N.</b>	
— Explication des effets du Syphon.	20 (a), 34, 36

## T.

<b>T H E R M O M E T R E.</b> Construction du Thermomètre de M. Newton.	364
— — — — — de <i>Fahrenheit</i> .	402
— — — — — de M. de <i>Reaumur</i> .	403
— — — — — de M. <i>Delisle</i> .	406

## **T U B E** de **T O R I C E L L I.**

— Phénomènes du Tube de <i>Toricelli</i> .	129 (a) & suiv.
--	-----------------

## **V E N T.**

— Vitesse du Vent.	323
--------------------	-----

<b>V E N T O U S E.</b> Ses effets.	193
-------------------------------------	-----

## V.

<b>V I A N D E,</b> comment on peut la conserver longtemps.	363
---	-----

<b>V U I D E</b> au haut du Baromètre.	146
--	-----

## **W A L L I S**

— Expérience de M. sur les Baromètres.	143 (a)
--	---------

---

*Explication des Parties de la Machine  
Pneumatique.*

**L**A Figure 64 représente la Machine Pneumatique de M. *Hauksbée*, avec toutes ses parties.

*AA*. Deux corps de Pompe d'un pied de haut, & de deux pouces de diamètre.

*BB*. Manches des Pistons, qui sont deux especes de Crics capables de recevoir la lanterne de la Manivelle.

*C*. La Manivelle. La lanterne est enfermée dans la Boëte.

*DDDD*. Le Tuyau qui conduit l'air du Récipient au corps de Pompe,

*E*. Le Récipient.

*FF*. Boëte de fer blanc garnie de Cuirs huilés, au travers desquels passe une verge de fer, pour mouvoir ou suspendre différents Corps dans le Récipient.

*GGG*. La Jauge mercurielle, qui est un Tuyau de verre ouvert par ses deux extrémités, dont l'une passe au travers de

braises & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles, que l'impression sera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément à la feuille imprimée, attachée pour modèle sous le contrescel desdites Presentes; que l'Impétrant se conformera en tout aux Reglemens de la Librairie, & notamment à celui du dix Avril mil sept cent vingt-cinq; qu'avant de les exposer en vente, les Manuscrits ou Imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages, seront remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, es mains de notre très-cher & féal Chevalier le sieur d'Aguesseau, Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres; & qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier le sieur d'Aguesseau Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres; le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant ou ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent, sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant Clameur de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires: CAR TEL EST NOTRE PLAISIR. DONNE' à Paris le huitième jour du mois de Juin, l'an de grace mil sept cent quarante-deux, & de notre Regne le vingt-septième. Par le Roi en son Conseil.  
Signé, SAINSON.

*Registré sur le Registre XI. de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, No. 20. f<sup>o</sup>. 17. conformément aux Reglemens, & notamment à l'Arrêt de la Cour du Parlement du 3. Décembre 1705: A Paris ce 12. Juin 1742.*

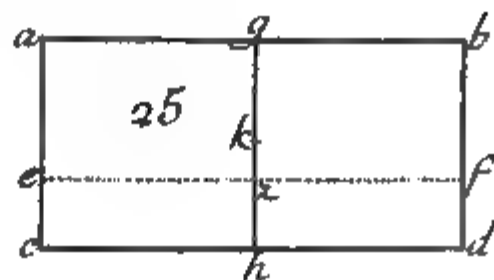
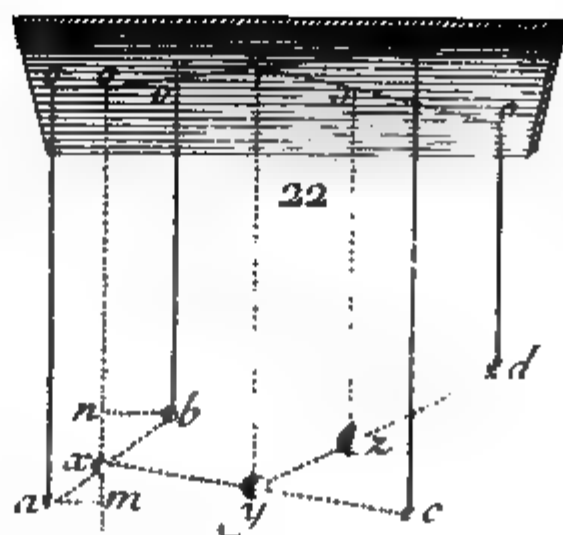
Signé, SAUGRAIN, Syndic.



*Planche N.*

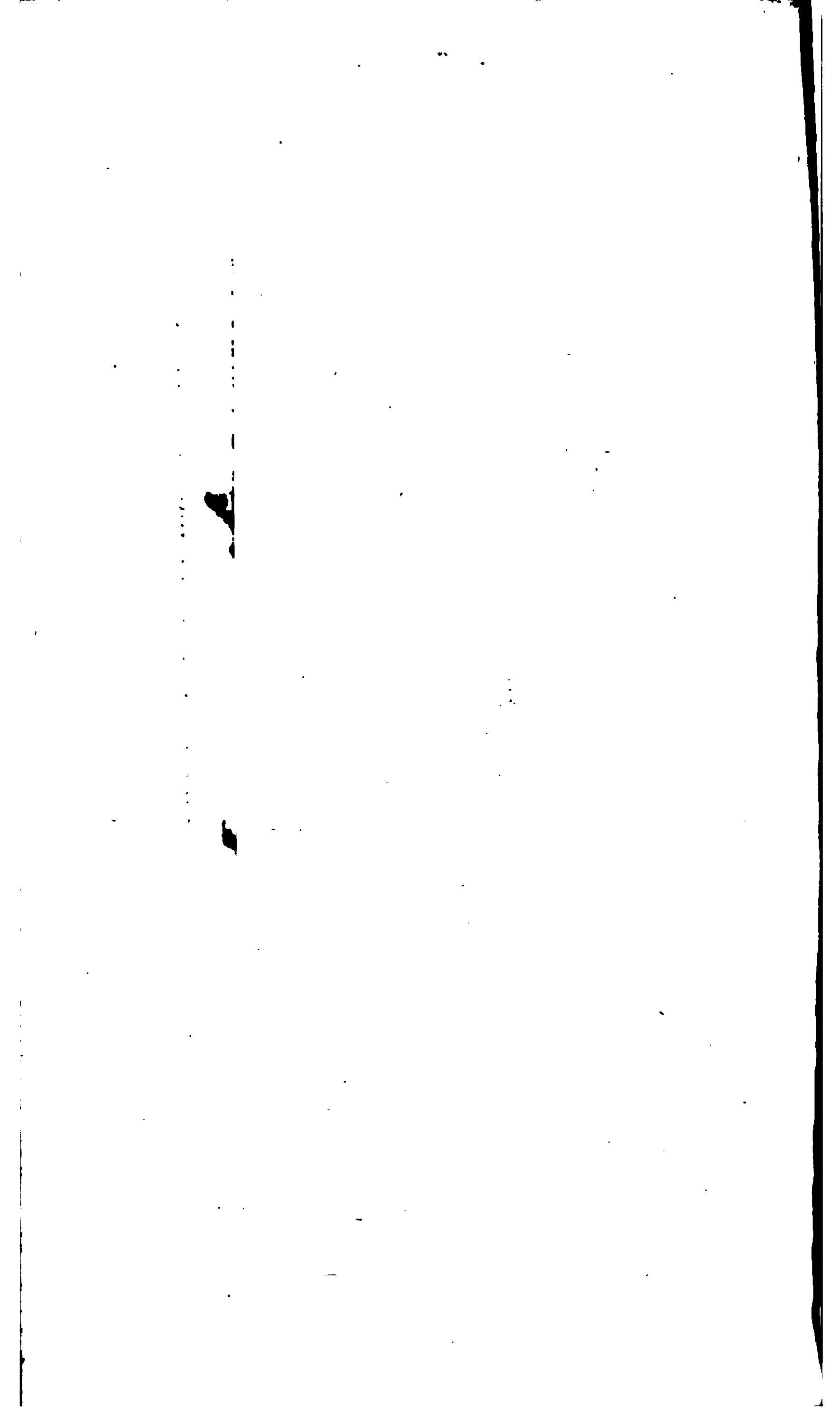
P.

17









qui perd sa  
transparence.

insupportable  
à main en rep  
proque in  
ble en y pro  
main

particulier  
pro humain

1<sup>e</sup>  
46

f

le plus fort de  
l'été de l'été

le dans le Prin  
l'Automne

en Hyper  
qui com  
per; ou de la

a

9

6

48

4











